Najważniejsze
ODKRYCIA I WYNALAZKI
w dziedzinie nauk, sztuk i przemysłu.

WEDŁUG

LUDWIKA FIGUIER.

Tom I.

WARSZAWA.
W DRUKARNI JANA NOSKOWSKIEGO
Ulica Mazowiecka Nr. 11.

1876.

Дозволено Цензурою.
Варшава, 23 Декабря (4 Января) 1875/6 г.

I.

Drukarstwo.

Epoka wynalazku drukarstwa. — Drukowanie zapomocą tablic drewnianych. — Gutenberg.—Faust i Schoeffer; śmierć Gutenberga.—Rozwój drukarstwa.—Sławne drukarnie i drukarze. — Opis przyrządów używanych do drukowania. — Składanie. — Prasa ręczna.—Prasa mechaniczna czyli pospieszna.

Drukarstwo, to jest sztuka rozmnażania szybko i tanio tej samej książki, a zatem czynienia dostępnemi dla wszystkich skarbów myśli i wiedzy, wynalezione i wprowadzone zostało w użycie w środku wieku XV. Początku tego nieśmiertelnego wynalazku nie można odnosić do epok dawniejszych, albowiem Chińczycy i niektóre narody europejskie, którym go przypisać usiłowano, znały jedynie to, co dzisiaj nazywamy drzeworytnictwem (ksylografią), to jest sztukę otrzymywania odbitek z tablic drewnianych, rytowanych wypukło lub wklęśle. Ruchome czcionki i odlewanie ich z metalu są podstawą drukarstwa, a jedno i drugie wynaleziono dopiero około r. 1450, to jest mniej więcej na czterdzieści lat przed odkryciem Ameryki (1492).

Przed XV wiekiem nie znano druku; posługiwano się jedynie rękopisami, które w bardzo niewielkiej liczbie stanowiąc biblioteki uniwersyteckie, klasztorne i zamkowe, wykonywane były w sposób następujący:

Najprzód tak zwany «księgarz» *librarius*, który był człowiekiem «biegłym we wszystkich umiejętnościach», powierzał kopiście rękopis przeznaczony do przepisania.

«Pergaminiarz» przysposabiał skóry miękkie, świecące, gładkie, na których «pisarz» kopiował poruczone sobie dzieło.

Następnie «artysta» upiększał stronnice rękopisu malowidłami i złoceniami.

Wreszcie oprawiacz czyli introligator spajał pojedyńcze kartki w jedną książkę i oddawał ją do biblioteki.

Łatwo zrozumieć, że książki w ten sposób powstające, były bardzo kosztownemi a więc rzadkiemi. Przechowywano je w bogato rzeźbionych szkatułkach, lub też przytwierdzano je do pulpitu za pomocą łańcucha. A jednak drogie te książki niewielkie oddawały usługi ogółowi, przepisywacze bowiem tyle i takich używali skróceń, że nawet ludzie uczeni nieraz w czytaniu ich niemałej doświadczali trudności.

W pierwszych latach w. XV, gdy żądza nauki wzrastać poczęła a drogość rękopisów stawiała nieprzełamane w zadość uczynieniu jej przeszkody, powzięto myśl rytowania na deskach drewnianych kart geograficznych, obrazków nabożnych i t. p., do których dołączano krótkie legendy objaśniające. Pociągano te deski czernidłem tłustem, kładziono na nie pergamin lub papier i odbijano na nich przez naciskanie rysunek wyrytowany na drzewie. Zwolna, długość legendy wyrytej na desce zwiększała się coraz bardziej, tak, iż w końcu zaczęto w ten sposób odbijać całe stronnice pisma. «Biblia ubogich» *(B. pauperum)* w ten sposób wydrukowana ukazała się na początku XV w.

Ten pierwotny sposób drukowania, jak utrzymują, miał być znany u Chińczyków już w XIII w. naszej ery; nie można go jednak uważać za początki drukarstwa, którego główną podstawą i cechą są, jak to już mówiliśmy, czcionki ruchome.

W pierwszej połowie XV w., artysta holenderski nazwiskiem Wawrzeniec Coster, wynalazł w Harlemie sposób drukowania czcionkami ruchomemi, odlewanemi z metalu w formach.

Gutenberg udoskonalił wynalazek Costera.

Jan Gutenberg urodził się w Moguncyi w r. 1400, z patrycyuszowskiej rodziny tamecznej. Część młodości przepędził w domu ojcowskim. Dom ten ozdobiony był rzeźbami i ornamentami allegorycznemi, obyczajem średniowiecznych kamieniarzy. Ponad główną bramą wyrzeźbiona była głowa olbrzymiego byka z napisem: «Nic mi się oprzeć nie zdołał» Napis ten na domu pod «Czarnym Bykiem» w Moguncyi, stał się dewizą Gutenberga, a po dziś dzień jest dewizą sztuki drukarskiej.

W piątym roku życia, straciwszy ojca, po którym niewielki odziedziczył dochód, Gutenberg opuścił Moguncyą, podróżował przez lat kilka, aż nareszcie w Harlemie wtajemniczony został w sposób drukowania za pomocą czcionek ruchomych, wynaleziony przez Wawrzeńca Costera. Następnie osiadł w Strassburgu, z zamiarem udoskonalenia nowego wynalazku i przez dziesięć lat bezustannie nad tem pracował. Przyszedłszy do znakomitych na tej drodze rezultatów, ujrzał fundusze swoje wyczerpane,

i zmuszonym był wejść w spółkę z trzema mieszczanami, którzy mieli dostarczyć pieniędzy na dalsze prowadzenie rozpoczętego dzieła.

Gutenberg przez owe dziesięć lat udoskonalił sposób rytowania metalowych czcionek ruchomych, szło tylko o uzyskanie jakiegoś kruszcu lub kruszcowej mięszaniny, odpowiedniej celom, do których czcionki były przeznaczone. Żelazo było za twarde: krajało papier; ołów był za miękki: i rozgniatał się pod ciśnięciem prasy. Drzewo nie przedstawiało też twardości ani wytrwałości pożądanej.

Wynalazca blizkim był celu, gdy znaczne wydatki zrujnowały odważnych jego wspólników. Aby doprowadzić do skutku chlubne dzieło które przedsięwzięli, ludzie ci nie wahali się sprzedać swoich sprzętów, klejnotów a nawet swojej ojcowizny. Najmniejsza skarga nie wyszła nigdy z ich ust, tak silnem przejęci byli przekonaniem o wielkości dzieła i gieniuszu tego, który niem kierował.

Nazwiska tych trzech ludzi, którzy mieniem swojem i głową tak dzielnie pomagali Gutenbergowi do udoskonalenia wielkiego kunsztu, były: Hejlmann, Andrzej Dryzehn i Riff. Żaden z nich nie doczekał upragnionej chwili tryumfu wspólnych usiłowań.

Do żywego dotknięty śmiercią swoich wspólników, zniechęcony, ścigany przez wierzycieli, Gutenberg zaprzestał prac swoich i opuścił Strassburg.

Wróciwszy do rodzinnego swego miasta, Moguncyi, wziął się napowrót do pracy. Rysował i rytował, odlewał, próbował rozmaitych mięszanin na czcionki i rozmaitych sposobów odbicia. Niezadowolniony z tych rezultatów, zaczął pracować w innym kierunku, ale ponieważ brakowało mu środków, wszedł więc w nową spółkę z Janem Faustem i Piotrem Schoefferem.

Jan Faust był to bogaty bankier moguncki. Przebiegły a przewrotny, pożyczył on pieniędzy Gutenbergowi, ale zapewniwszy sobie z góry wszystkie korzyści z przyszłego wynalazku. Schoeffer był to młody, bardzo zręczny kopista, zięć Fausta.

Utrzymują, że Gutenberg wynalazłszy czcionki ruchome z kruszcu, nie zdołał jednak wynaleść odpowiedniej na nie mięszaniny kruszcowej, co dopiero miało się udać Piotrowi Schoefferowi, który połączywszy w pewnym stosunku ołów z antymonem, otrzymał mięszaninę miększą od żelaza, ale dość twardą żeby ciśnienie prasy wytrzymać. Od tej chwili wynalazek druku stał się faktem dokonanym.

Ale od tej chwili też scena zmieniła się zupełnie. Po dokonaniu wynalazku, wynalazca stał się niepotrzebnym, a chytry Faust zaczął myśleć tylko o tem, jakby się pozbyć Gutenberga. Korzystając ze swego chara-

kteru wierzyciela, zmusił Gutenberga do zrzeczenia się na korzyść swoję wszelkich praw do jakichkolwiek z wynalazku pożytków. Przywiedziony do nędzy ojciec drukarstwa, zmuszony był opuścić Moguncyą.

Po usunięciu się Gutenberga, Faust, przyjąwszy do spółki zięcia swego, począł ciągnąć korzyści z nowego kunsztu, sprzedając bez skrupułu drukowane książki za rękopisy. Robotnikom swoim, niezadowolonym z postąpienia tego z «mistrzem», kazał przysięgać na Biblią, że dochowają tajemnicy. Dla tem lepszego zapewnienia się o ich milczeniu, stary lichwiarz kazał im wystawiać sobie rewersa na pewne summy, których wytrąceniem z płacy zagroził im w razie, gdyby nie umieli utrzymać języka za zębami. Wreszcie urządził drukarnię w głębi ponurej piwnicy i robotników trzymał w niej pod kluczem. Dzięki tym ostrożnościom, Faust sprzedawał mnóstwo książek, które brano powszechnie za rękopisy. Ale wśród największych sukcessów umarł dotknięty zarazą.

Zięć jego Schoeffer, odziedziczywszy po nim drukarnią, prowadził dalej przemysł teściowski, kiedy wtem miasto szturmem zdobyte i zrabowane zostało. Schoeffer zginął w tej katastrofie, a śmierć jego była hasłem do rozproszenia się jego robotników. Jednakże syn jego Jan Schoeffer, wskrzesił w jakiś czas później drukarnię moguncką.

Jan Schoeffer w postępowaniu swojem względem Gutenberga nie naśladował wcale Fausta. Faust matactwami swojemi byłby może zupełnie pozbawił Gutenberga sławy wielkiego wynalazku, gdyby Jan Schoeffer nie kazał był wydrukować na czele jednej książki z roku 1505, dedykowanej cesarzowi Maksymilianowi: «W Moguncyi ta cudowna sztuka wynaleziona została przez gienialnego Jana Gutenberga, w r. 1450, a następnie ulepszona i rozpowszechniona dla potomności trudami Fausta i Schoeffera.»

Gutenberg dwoma latami tylko przeżył niewdzięcznego swego spólnika, Fausta. Opuściwszy Moguncyą, wrócił do Strassburga, gdzie przy pomocy kilku przyjaciół założył drukarnię. Pod koniec życia przygarnął go do siebie arcybiskup moguncki, zaliczywszy go w poczet swoich dworzan i wyznaczywszy mu pensyą. Dzięki tej wspaniałomyślnej choć nieco spóźnionej protekcyi, Gutenberg mógł ostatnie chwile życia poświęcić rozmaitym w drukarstwie ulepszeniom. Umarł 15 lutego 1468 r.

Po śmierci twórcy drukarstwa, «dzieci Gutenberga», jak nazywano towarzyszów sztuki drukarskiej, rozproszyły się po rozmaitych stronach Europy, niby nowi apostołowie wiedzy i postępu. Poosiadali w Kolonii, Augsburgu, Norymberdze, Bazylei i t. d. W Niemczech, Szwajcaryi i Francyi niebawem ujrzano otwierające się mniejsze lub większe drukarnie.

Wynalazek druku zyskał chętne poparcie u większej części ówczesnych monarchów, którzy dobrze zasłużyli się ludzkości, sprzyjając rozwojowi wynalazku, którego przeznaczeniem było otworzyć oczy ludów na światło prawdy i rozumu.

Ta jednak era pierwotnej pomyślności i swobody drukarstwa nie długo trwała. Już w pierwszej ćwierci XVI w. pojawia się cenzura na książki drukowane, które przed ukazaniem się na świat muszą uzyskiwać aprobatę wyznaczonych do tego urzędników królewskich. Aprobata taka czyli upoważnienie do druku nazywało się «przywilejem» *(privilegium)*, o którym czyniono wzmiankę na czele lub przy końcu każdej książki. Cenzurę pierwsza zniosła rewolucya francuzka w r. 1789, a dziś pod tym względem w rozmaitych państwach rozmaite obowiązują prawa i przepisy.

Jedną z najznakomitszych na świecie drukarń, jest drukarnia zwana «narodową», w Paryżu, którą założył Ludwik XIII, a raczej minister jego kardynał Richelieu, w parterze i antrsolu wielkiej galeryi Luwru. W r. 1809 przeniesiony został ten zakład do pałacu Rohanew przy ulicy Vioille-du-Temple. Pod względem rozmaitości pism jest to najbogatsza na całym świecie drukarnia. Posiada ona kompletny zbiór czcionek greckich, hebrajskich, arabskich, chińskich, i. t. d. Urządzona jest na taką skalę, że tysiąc robotników mogłoby w niej pracować wygodnie. Zwykle jednak zajmuje ona czterdziestu giserów, dwustu składaczy, dwustu pięćdziesięciu preserów, dwudziestu introligatorów i odpowiednią liczbę dziewcząt do składania arkuszy, broszowania i t. d.

Cesarska drukarnia w Wiedniu zasługuje na wzmiankę zaszczytną za to, że chlubnie odznaczyła się między innemi przyswojeniem sobie i wprowadzeniem w praktykę wszystkich odkryć, jakich nauka nowożytna postępowi drukarstwa dostarczyła. Fotografia i galwanoplastyka znalazły w zakładzie tym liczne zastosowania, przyczyniając się do wielostronnego podniesienia sztuki drukarskiej.

Między znakomitemi drukarzami, zasłynęła między r. 1488—1580 rodzina znana pod nazwą *Alde*. Polem jej działania była Wenecya, w której pierwszy *Alde Manucyusz*, zwany *starym*, założył drukarnię i zajmował się głównie wydawnictwem arcydzieł literatury starożytnej. Wydania jego mają powagę rękopisów; godłem jego drukarni był delfin okręcony około kotwicy. Po nim kierowali drukarnią Paweł Manucyusz i syn jego Alde Manucyusz, zwany *młodym*, ciesząc się niepomierną wziętością powszechną i protekcyą papieży.

W XV w. stało się głośnem nazwisko *Elzewirów*, drukarzy holenderskich. Dwaj bracia: Bonawentura i Abraham Elzewirowie, mieli dru-

karnię w Leydzie (1618—1658), z której wypuszczali w świat do dziś dnia wysoko cenione arcydzieła sztuki typograficznej.

We Francyi na końcu XVIII i w początku XIX w. zasłynęli drukarze Didot'owie, a mianowicie Franciszek Ambroży, ojciec (zm. 1809), i Firmin Didot, syn, których wydania odznaczają się pięknością i czystością pisma

W Anglii wielkiej sławy używał drukarz Baskerville (zm. 1775), który sam rysował, rytował i odlewał czcionki, których dla drukarni swej potrzebował.

Najstarszym ze znanych druków wykonanych w Polsce jest dzieło łacińskie kard. Jana de Turrecremata *Explanatio in Psalterium*, drukowane w Krakowie między r. 1474—1476 u drukarza niewiadomego nazwiska. W tym czasie wyszły też w Krakowie *Omnes libri* ś. Augustyna. Polski druk po raz pierwszy pojawił się w łacińskiem dziele *Statuta synodalia* wyd. w Krakowie 1475. Odtąd drukarstwo nietylko rozkwita w Polsce samej ale i obcym krajom dostarcza biegłych w tym kunszcie mistrzów. W r. 1478 miał drukarnią w Neapolu Jan Adam z Polski; w latach 1492—95 Stanisław z Polski (Lanzolao de Polonia) w Sewilli, gdzie też istniała w tymże czasie i druga drukarnia Stefana Polaka. W kraju, Kraków, ówczesna stolica, zasłynął przed innemi szerokim rozwojem sztuki drukarskiej. Pierwszą stałą drukarnię otworzył tam na końcu XV i początku XVI w. Jan Haller; tuż po niej powstały drukarnie Wietora i Unglera, tak zwane architypografie Łazarzów i Piotrkowczyków, Wierzbięty, Siebeneychera, Garwolczyka, Szarfenberga Mikołaja i Szarfenberga Stanisława, wszystkie w w. XVI. W wieku XVII słynęła w Krakowie oficyna Cezarych, oraz drukarnia akademii Zamojskiej w Zamościu, jak niemniej drukarnia dyssydencka w Rakowie. W Warszawie dopiero w XVIII w. drukarstwo szerszego nabrało rozwoju i rozgłosu; odznaczały się w niej przedewszystkiem drukarnie pijarskie, stanowczy zaś popęd drukarniom warszawskim nadał hr. Mostowski, który w r. 1802 znacznym nakładem wzorową jak na owe czas drukarnię założył, i w niej znany powszechnie wybór pisarzy polskich wydawać począł. Pierwszą prasę hydrauliczną, używaną naówczas zaledwie w kilku drukarniach w Europie, zaprowadził Gałęzowski w drukarni Banku polskiego, którą od r. 1827 zarządzał; pierwsza zaś machina parowa zastosowana do ruchu drukarni, ukazała się w drukarni Samuela Orgelbranda, na niepraktykowaną dotąd u nas założonej skalę.

Teraz z kolei wypada nam przejść do rozmaitych przyrządów i sposobów używanych do drukowania.

Druk czcionkami ruchomemi odbywa się za pomocą liter oddzielnych, które łączyć trzeba w ten sposób, aby z nich kolejno składały się wyrazy, wiersze, a nareszcie stronnice.

Materyał używany na czcionki jest mięszaniną 80 części ołowiu ż 20 częściami antymonu. Przez dodanie tego ostatniego kruszcu do ołowiu, czcionki zyskują twardość potrzebną do wytrzymania ciśnięcia prasy.

Czcionki otrzymuje się lejąc roztopioną powyższą mięszaninę w formę, tworzącą pewien rodzaj małego podłużnego kanału. Na dnie tego kanaliku umieszcza się matrycę odtwarzającą wiernie głoskę wyrytą wklęśle przez rytownika, który pierwotny typ tej głoski wyrzyna na stali. Z jednej takiej głoski wyciętej przez rytownika, można zdjąć mnóstwo matryc, a matryce te pomieszczczane na dnie kanalików, mogą giserow i czcionek wielkiej ilości głosck dostarczyć.



Figura 1.

Czcionka dostarczona przez gisera składa się z dwóch części: 1) z głoski samej, 2) z trzonu w kształcie równoległościanu, na którym głoska ta jest przytwierdzona, a który ułatwia niezmiernie robotnikowi drukarskiemu czyli składaczowi (zecerowi) ujęcie jej podczas składania (f. 1)

Z giserni przechodzą czcionki do drukarni, gdzie rozmieszczają je w tak zwanych *kasztach*, czyli skrzynkach płaskich, otwartych, na liczne przegródki podzielonych.

W celu łączenia głosek w wyrazy, składacz używa małego narzędzia żelaznego, zwanego *winkielakiem*, (fig. 2). na którym umieszcza z kolei litery mające utworzyć wyrazy wyczytane z rękopisu. Narzędzie to składa się z linii metalowej, po której porusza się rodzaj węgielnicy, suwający się wzdłuż jednego z jej brzegów. Odpowiednio przyrządzona śruba, pozwala utwierdzić węgielnicę, gdy składacz złoży wiersz żądanej długości. Gdy pierwszy wiersz zostanie złożony, przykłada się do niego linią metalową, zwaną *interlinią*, przeznaczoną do utworzenia żądanego odstępu między wierszami. Następnie składa się wiersz drugi, trzeci i tak dalej, rozdzielając je podobnemi liniami.



Fig. 2 Winkielak.

Figura 3 przedstawia składaczy (zecerów) stojących przy kasztach zajętych składaniem.

Składacz może złożyć dziennie dziesięć tysięcy liter, a obliczono, że przez trzysta dni w roku, prawa ręka składacza przebiega w przecięciu tysiąc trzysta mil francuzkich.

Gdy się winkielak napełni, zdejmuje się z niego wiersze, ściskając je palcem wielkim i wskazującym i przenosi się je na *szufelkę*, (fig. 4.) to jest, nie wielką deskę kwadratową, której róg dolny opatrzony jest w listwę w kształcie węgielnicy.

Kiedy na szufli uzbiera się pewna liczba wierszy, robi się z nich *szpalta*. Jeśli rękopis składany jest większych rozmiarów, złożone wiersze



Fig. 3. Zecernia.

układają się w kolumny czyli stronnice, które się umieszcza na stole zwanym *fundamentem*, w takim porządku, aby na arkuszu papieru, na którym się mają odbijać, wyszły w kolejnem po sobie następstwie. Wszystko to razem ściska się w *ramy* żelazne.

Gdy formy są gotowe, pozostaje już tylko odbić je na papierze. Począwszy od chwili wynalezienia druku aż po wiek dzisiejszy, drukowano wyłącznie za pomocą *prasy ręcznej*. Dziś atoli druk czyli odbijanie odbywa się za pomocą *pras mechanicznych czyli pośpiesznych*, które w znaczniejszych zakładach drukarskich maszyną parową bywają poruszane.

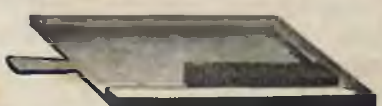


Fig. 4 Szufelka.

Figura 5 przedstawia prasę ręczną, podziśdzień jeszcze niekiedy używaną.

Gdy forma umieszczoną zostanie na stole poziomym P, preser czyli odbijacz powleka ją czernidłem zapomocą walca elastycznego. Umieściwszy papier, namoczony poprzednio, na ramie Z, i spuściwszy na nią powyżej umieszczoną ażurową ramę Z', ktora służy do przytrzymania papieru i do ochronienia go od zwalania w miejscach które nie mają być zadrukowane, złożone w ten sposób ramy spuszcza się na formę, którą zapomocą korby wsuwa się pod płytę T, i tę naciska się za pomocą drążka. Przez to naciśnięcie arkusz zostaje wydrukowany, odbity. Obracając korbą w stronę przeciwną, wysuwa się formę z pod płyty, nakłada się nowy papier i tak dalej.



Fig. 5. Prassa ręczna.

Figura 6 przedstawia, jak się walec powleka czernidłem, które następnie rozprowadza na formie. Pewien zapas rozrzedzonego czernidła umieszcza się w rowku, wyżłobionym wzdłuż tylnej krawędzi stołu T. Za pomocą korby M, robotnik obraca walec D, który pewną ilość czernidła rozprowadza po gładkiej powierzchni stołu. Preser ująwszy wałek przenośny R, nabiera nań czernidła, które przenosi potem na prasę, jak to wskazuje fig. 5.

Pierwszą prasę mechaniczną wynalazł w roku 1790 mechanik angielski nazwiskiem Nicholson.

Figura 7, która przedstawia bardzo dobry system prasy mechanicznej, uwydatnia sposoby służące dziś do otrzymania odbitek z nadzwyczajną

szybkością (ztąd nazwa prassy pośpiesznej), nie wymagając do obsługi więcej jak dwóch robotników.

A, jest kołem, któremu ruch nadaje para. Rzemień B, przenosi ruch na koło C. Koło C chwyta wielkie koło zębate ponad niem będące, a to znów chwyta koło sąsiednie. Dwa te koła, oraz wszystkie walce na których one są osadzone, mają zatem ruch wirowy. Stół D, gładki i silnie zbudowany, na którym leżą formy czyli stronnice ułożone z czcionek, otrzymuje od koła C ruch poziomy tam i napowrót. Gdy brzeg arkusza papieru czystego M, położony przez robotnika na pochyłości trzech obracających się walców E, F, G, które go wciągają na walec H, przyjdzie wreszcie na stół, napotyka tam na początek formy powleczonej czernidłem,



Fig. 6. Stolik do rozcierania farby.

posuwającej się w tym samym kierunku, tak, że papier, w skutek tego zetknięcia się i wywieranego nań ciśnienia, zostaje zupełnie zadrukowany.

Ale to dopiero jedna strona arkusza zadrukowana; z drugą stroną postępuje się w ten sposób: Gdy arkusz papieru zostanie zadrukowany z jednej strony, nawija się tą stroną, za pomocą kilku odpowiednio urządzonych tasiemek, które napotyka na drodze, na powierzchnią walca I, stroną czystą na zewnątrz; strona czysta nawija się następnie na powierzchnią walca K, a strona zadrukowana pozostaje od zewnątrz. Wreszcie ta strona zadrukowana nawija się znów na powierzchnią walca L, a strona czysta pozostaje na zewnątrz i dostaje się na formę drugą, której ruch poziomy tam i napowrót pozostaje w związku z ruchem obrotowym walca L. Tym sposobem zadrukowuje się i druga strona papieru.

Dowcipnie obmyślany ruch tasiemek, jak to już widzieliśmy, utrzymuje papier okręcony na walcach, i przesuwa go z jednego walca na drugi. Sama

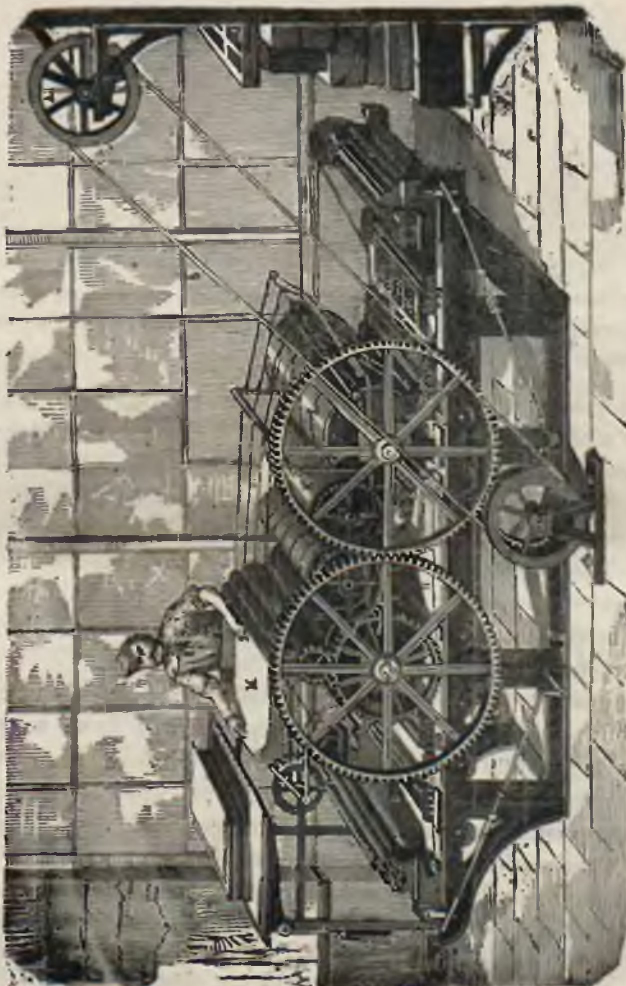


Fig 7. Maszyna pospieszna drukarska.

wreszcie maszyna naprowadza formy czernidłem, zapomocą systemu walców, które widać na obu kończynach rysunku.

II.

Rytownictwo.

Rytownictwo wklęsłe i wypukłe.—Data wynalezienia rytownictwa.— Metody używane przy rytowaniu rylcem i akwafortą.—Prasa do odbijania rycin.— Drzeworytnictwo i jego zastosowanie.—Rytownictwo wypukłe na metalach.

Rytownictwo (sztycharstwo) może pierwsze z pomiędzy sztuk, zostało zastosowane w praktyce;—jakoż znajdujemy liczne ułamki metalowe, na których widać rozmaite ornamenta lub postacie wyryte ręką jeszcze Egipcyan, Greków lub Rzymian. Możnaby nawet zacytować dowód istnienia rytownictwa u Hebrajczyków, gdyż na czapce ich arcykapłana znajdowała się umieszczona blacha złota, na której imie *Jehowy* było nakreślone. Właściwe jednak rytownictwo nie datuje się od tak dawna; początki jego sięgają nie dalej jak epoki odrodzenia, kiedy we Włoszech odkryto sposób odbijania na papierze rysunku wyrytego na płycie metalowej.

Rytownictwo tysiączne przybiera kształty i tysiącznych używa środków i sposobów; — zbyteczną byłoby rzeczą opisywać je tu wszystkie, — ograniczymy się zatem do obznajomienia czytelników naszych z temi sposobami, które są najzwyklej używane, pomijając sposoby i metody drugorzędnego znaczenia, używane rzadko, w pewnych szczególnych wypadkach, lub odpowiadające odrębnemu uzdolnieniu pewnych artystów albo też wymaganiom mody. Z tego punktu widzenia, rozmaite rodzaje rytownictwa dadzą się podzielić na dwa wielkie działy: 1) rytownictwo wklęsłe (na metalu), i 2-o rytownictwo wypukłe (na metalu i na drzewie).

Rytownictwo wklęsłe.

Rytownictwo wklęsłe obejmuje *rytowanie rylcem i rytowanie zapomocą kwasu saletrzanego* (serwaseru).

Rytowanie rylcem, najdawniejsze ze wszystkich, zawdzięcza swój początek Florentczykowi Maso Finiguerra. Artysta ten wyrytowawszy w r. 1452 płytę srebną do kościoła św. Jana we Florencyi, szukał sposobu od-

bicia podobizny jej na papierze. Dokazał tego nareszcie za pomocą pewnej modyfikacyi czernidła drukarskiego, i zapomocą prasy ręcznej drukarskiej, wynalezionej świeżo przez Gutenberga.

Tym sposobem uzyskał *ryciny*, o których starożytni nie mieli pojęcia.

Ponieważ rytownictwo służyło zrazu jedynie do ozdoby klejnotów, płyty których doń używano były bardzo małe i zwykle srebrne. Gdy następnie za przykładem Finiguerry, zaczęto rytować płyty wielkich rozmiarów, w celu otrzymania z nich odbitek na papierze, które nazwano *rycinami*, srebro zastąpił tańszy kruszec, cyna. Ale cyna jestto kruszec tak miękki, że nie mógł dostarczyć więcej jak dwadzieścia odbitek na papierze. Dopiero słynny Marek Antoni Raimondi użył miedzi zamiast cyny do odbijania rycin. Znakomity ten mistrz, jeden z pierwszych twórców rytownictwa rylcem, doprowadził prawie od razu tę sztukę do doskonałości. Jemu zawdzięczamy reprodukcye najważniejszych obrazów i rysunków Rafaela, a prace jego sięgające samych pierwocin sztuki, należą do najpiękniejszych pomników gieniuszu ludzkiego. Później w miejsce miedzi użyto stali, która z powodu nadzwyczajnej swojej twardości, największej ilości odbitek dostarczyć jest w stanie. Płyta miedziana nie może dać więcej jak trzy do czterech tysięcy odbitek, kiedy płyta stalowa daje ich aż do dwudziestu tysięcy.

Rytownictwo rylcem, bardzo proste samo w sobie, wymaga ze strony artysty wielkiej wprawy i zręczności. Polega ono na wykonaniu rysunku na metalowej płycie zapomocą *wcięć* rozmaicie się z sobą krzyżujących.


Fig. 8. Rylec.

Na płycie miedzianej (lub stalowej) nadzwyczaj czystej i doskonale za pomocą odrębnych na to sposobów wypolerowanej, kreśli się naprzód zlekka rysunek zapomocą ostrza stalowego,—a to albo na gołej płycie, albo też na czarnym werniksie, którym się poprzednio ją powleka. *Rylcem* nazywa się narzędzie stalowe, służące do żłobienia wgłąb metalu. Jest to pręt ze stali hartownej, którego koniec zacięty jest ukośnie, tak iż przedstawia kończatość podłużną i ostrą. Pręt ten osadzony jest w rękojeść drewnianą, którą artysta trzyma w dłoni, podczas gdy ostrym końcem jego dotyka na płask metalu przeznaczonego do rytowania. (fig. 8). Palce służą do kierowania ostrzem rylca, któremu ruch nadaje się za pomocą całej ręki. Krzyżując w rozmaity sposób *wcięcia*, czyli *wżłobienia*, wyżłabia-

jąc ich dwa albo i trzy rzędy, rytownictwo rylcowe najrozmaitsze efekta wydobyć jest w stanie.



Fig. 9.

Najpiękniejsze prace tego rodzaju zawdzięcza wiek XVII rylcowi Augustyna Carracio, Goltzius'a, Sadeler'a, Bloemaert'a, Villamène'a, Poilly'ego, Edelinck'a, Visscher'a, Pawła Pontius'a, Vorstermann'a, Bolsverta, Masson'a, Nanteuil'a, Roulett'a i innych. W wieku XVIII zasłynęli na tem polu: Balechan, Wille, Rafael Morghen, Bervic i Tardieu. W w. XIX: Massard, Desnoyers, Toschi, Richomme, Henriquel-Dupont, Calamatta, Forster, Sharp, Wollett, Earlom, Green, i w. i.

Artyści szesnastego i siedmnastego wieku rytowali w ogólności samym rylcem. Dzisiejsi ułatwiają sobie zwykle robotę przez użycie kwasu saletrzanego, a rylec wykończa dopiero ostatecznie dzieło przez kwas rozpoczęte.

Rytownictwo za pomocą kwasu saletrzanego (*akwaforta*) polega na żłobieniu kruszcu tym kwasem rozcieńczonym wodą, który rozkłada i wygryza miedź i stal zarówno.

Chcąc tym sposobem rytować na miedzi, bierze się płytę miedzianą czystą i wygładzoną dobrze, umieszcza się ją nad wolnym ogniem, i powleka zapomocą płatu jedwabnego werniksem, który rozmiękczony gorącem, daje się rozprowadzić po powierzchni. Następnie odwraca się płytę i trzyma się ją nad pochodnią dużo dymu wydającą. Węgiel z tego dymu, łącząc się z werniksem, nadaje mu barwę czarną.

Na tak przysposobionej płycie, kładzie się papier z rysunkiem, którego kopię otrzymać chcemy, i po liniach tego rysunku prowadzi się sztyftem do kalkowania, to jest pewnym rodzajem igły mniej lub więcej zaostrzonej a opatrzonej w rękojeść, i tym sposobem zdejmuje się w tych miejscach werniks z płyty a pozostawia się kruszec goły.

Następnie idzie o to, aby płytę wystawić na działanie kwasu rozcieńczonego wodą. W tym celu obwodzi się dokoła płytę rodzajem listwy z wosku, i wlewa się na nią kwasu, któremu dozwala się działać na kruszec przez pół godziny albo godzinę, stosownie do siły kwasu i głębokości, jaką wyżłobieniom nadać chcemy. Są pewne części płyty, które powinny być głębiej wygryzione aniżeli inne;—zlewa się więc kwas, płyta się obmywa i osusza, następnie części które powinny zostać słabszemi, jak np. niebo i głąb obrazu, pokrywa się nową warstwą werniksu, aby je zasłonić od wpływu kwasu, a reszta poddaje się dłuższemu jego działaniu.




Fig. 10.

Z pomiędzy artystów którzy się poświęcali tego rodzaju rytownictwui zasłynęli: Albert Dürrer, Franciszek Mazzuoli, zwany *Parmesan'em*, Berghem, Paweł Potter, Swanewelt, Ewerdingen, Henryk Roos, Rembrandt, Annibal Carracio, Guido Reni, Salwator Rosa, Castiglione, Claude Lordain, Bourdon, Coypel i w. i.

Niemcy i Włochy spierały się o pierwszeństwo, wynalazku tego rodzaju rytownictwa: pierwsze przypisywały go Albertowi Dürrerowi, podczas gdy Włochy upominały się o ten zaszczyt dla Franciszka Mazzuoli, Spór ten rozstrzygnięty został niedawno w sposób niespodziewany. W Muzeum Brytańskiem znaleziono rycinę wykonanązapomocą kwasu saletrzanego przez Wacława z Ołomuńca, noszącą datę r. 1496. Okaz ten zapewnia pierwszeństwo wynalazku Wacławowi, gdyż najstarsza z rycin Alberta Dürrera nosi datę r. 1515, a malarz Franciszek Mazzuoli urodził się dopiero 1503 r.

Dziś prawie powszechnie używaną jest metoda posługująca się naprzód kwasem a następnie rylcem.

Prasa używana do odbijania rycin różni się od prasy drukarskiéj. Konstrukcyę téj prasy przedstawia nam fig. 11.



Fig. 11. Prasa do odbijania rycin.

Rytownictwo wypukłe.

Ten rodzaj rytownictwa wchodzi raczéj w zakres rzeźby, a praktykuje się na miedzi, ale daleko więcéj na drzewie.

W rytownictwie tém, kreski, zamiast być wklęsłemi jak w rytownictwie poprzedniem, są *oszczędzane* i tworzą wypukłości, a wyżłabiają się wszystkie miejsca, które w odbitce mają światła stanowić. Szczególną zaletę tego sposobu rytowania stanowi to, że ryciny mogą być zeń odbijane za pomocą zwykłéj prasy drukarskiéj, to jest mogą być umieszczane w formach drukarskich i dostarczać odbitek do tekstu książek, jednocześnie z niemi się drukujących. Niska cena rycin tego rodzaju, cenna dogodność, że nie wymagają osobnego odbijania, sprawiły, że rytownictwo wypukłe niesłychanie się za naszych czasów rozpowszechniło.

Na *drzeworyty*, które głównie dostarczają rycin do wydawnictw illustrowanych, używa się drzewa bukszpanowego.

Deseczka bukszpanowa, dobrze zheblowana i wypolerowana, posypuje się węglanem ołowiu, i wyciera się ją papierem, aby żywica wsiąkła

w pory drzewne. Tym sposobem uzyskuje się powierzchnią, na któréj atrament lub ołówek rysownika nie luzuje się i nie rozlewa jak na bibule. Rysownik wykonawszy rysunek, oddaje deseczkę drzeworytnikowi, artyście niższego rzędu, który częstokroć nawet mało zna rysunku, a którego zdolność polega na umiejętném wyżłabianiu drzewa w miejscach, które w odbitkach mają tworzyć światła, i na *zaoszczędzeniu*, czyli na pozostawieniu wypukłemi wszystkich linij i kresek nakreślonych przez rysownika. Pracy téj dokonywa on zapomocą ostrza długiego a wązkiego, w miejscach wymagających delikatniejszego traktowania; w miejscach zaś, które na większéj przestrzeni mają być wyżłobione, używa dłótka żelaznego, pobijając je młoteczkiem. W miejscach wreszcie bardzo delikatnych, używa nawet rylca.

Tak wycięte, a raczéj wyrzeźbione deseczki, zwane także *drzewkami*, odbiera drukarz, który je utwierdza w formach drukarskich, w miejscu wskazanem, i, jakeśmy to już powiedzieli, wraz z tekstem odbija na prasie drukarskiéj.

Mimo nadzwyczajnéj twardości bukszpanu, drzeworyt nie byłby w stanie wytrzymać bardzo wielkiéj liczby odbić. Dobrych odbitek, z zachowaniem zupełnéj czystości pierwotnego rysunku, można zeń uzyskać najwięcéj piętnaście tysięcy. W celu uzyskania większéj ilości odbitek trzeba przyzwać w pomoc galwanoplastyki, o któréj będzie mowa w dalszym ciągu tego dzieła. Nie odbija się tedy wprost z drzeworytu, ale za pomocą procesu galwanoplastycznego otrzymuje się jednę lub więcéj klisz miedzianych zupełnie odwzorowujących drzeworyt, i tych wypukłych klisz używa się do odbijania, które w takim razie może się mnożyć w nieskończoną ilość egzemplarzy, z zachowaniem jak największéj czystości pierwotnego rysunku, gdyż w miarę jak się jedna klisza zużywa, można ją nową taką samą zastąpić.

Nie tylko na drzewie rytuje się wypukło, ale i na metalach, a mianowicie na miedzi, niekiedy zaś i na stali. Do tego rodzaju rytownictwa zaliczyć należy roboty pieczętarskie i medalierskie. Wypukło też rytowanemi są owe pieczątki czyli tak zwane „stampile” *(estampilles)* używane do odbijania od ręki nazwisk, mark fabrycznych, handlowych, administracyjnych i t. p.

Roboty tego rodzaju nie wchodzą w zakres sztuki; ale wkraczają weń bezsprzecznie owe niesłychanie delikatne, na stali wypukło ryte rysunki, przeznaczone na banknoty, marki pocztowe i handlowe, których wykonanie powierzane zwykle bywa jak najzdolniejszym i jak najwprawniejszym artystom, gdyż tutaj idzie głównie o otrzymanie takich rysun-

ków, znaków i napisów, którychby ani odręcznie, ani za pomocą druku nikt naśladować nie potrafił.

Rytownictwo wypukłe początkiem swoim nader odległych sięga czasów. Chińczycy już w XI w. znali ksylografią, jakeśmy to przy historyi drukarstwa wspominali. W Europie drzeworyty pojawiły się niebawem po wynalazku Gutenberga; drzeworytnictwo poprzedziło nawet rytownictwo rylcem i kwasem saletrzanym; jakoż posiadamy odbitki na papierze wizerunku ś. Krzysztofa, rytowanego na drzewie w Niemczech w roku 1423, i ś. Bernarda, rytowanego prawdopodobnie we Francyi przez Bernarda Milnet'a w 1445 r., gdy tymczasem rytowanie rylcem, jak to już widzieliśmy, datuje się dopiero od r. 1452. W XVI i XVII w. wychodziło mnóstwo książek ozdabianych drzeworytami, ale dopiero w ostatnich czasach drzeworytnictwo rozpowszechniło się w sposób zadziwiający, a to dzięki owej łatwości otrzymywania za pomocą galwanoplastyki metalowych klisz z pierwotnego drzeworytu. Dawniej chcąc odbijać znaczniejszą liczbę egzemplarzy dzieł illustrowanych, potrzebne do nich illustracye rytowano wypukło na miedzi, co jednak przedstawiało niemałe trudności i wypadało drogo. Galwanoplastyka usuwając potrzebę tych robót zmudnych i niewdzięcznych dla artysty, zaprowadziła w wydawnictwie dzieł tego rodzaju znaczną oszczędność i uproszczenie.

Temi to ułatwieniami w drzeworytnictwie tłómaczy się owa powódź illustracyj, które pewnym dziełom i pismom czasowym nadają szczególny urok i ponętę. Drzeworytnictwo przychodzi obecnie w pomoc pisarzowi, mianowicie w zakresie sztuki i umiejętności; ułatwia mu wyrażenie własnych myśli, jest mu wiernym i dzielnym pomocnikiem. Jako więc dopełnienie drukarstwa a niemałéj doniosłości pomoc dla autorów, zasługuje ono w zupełności na ową przychylność publiczności, jaką się dzisiaj powszechnie cieszy.

III.

Litografia.

Teorytyczna zasada litografii. — Opis sposobu postępowania. — Aloizy Senefelder wynalazca téj sztuki.— Rozwój litografii w rozmaitych stronach Europy.

Litografia (z greckiego *litos* kamień i *grafo* piszę) ma za cel zastąpienie drzewa lub metalów używanych do rytowania prostym kamieniem wapiennym, w celu zniżenia ceny reprodukcyj utworów rysunkowych. Litografia jest bardzo świeżym wynalazkiem. Wprawdzie i dawniej probowano rytować wypukło na marmurze lub na kamieniu wapiennym za pomocą kwasu, i znany jest powszechnie sposób otrzymywania wypukłego rysunku na skorupce jaja *), któréj skład chemiczny jest niemal ten sam co w kamieniu wapiennym; ale litografia zupełnie na czem innem się zasadza. Ma ona na celu nie rytowanie wypukło na kamieniu wapiennym, ale takie przysposobienie chemiczne jego powierzchni, aby do niektórych jej części przylegało czernidło drukarskie, a innych części nie czepiało się zupełnie. Jest to bardzo ciekawy objaw fizykalny, który tutaj postaramy się objaśnić nieco bliżéj, gdyż bardzo często spotkać się można z błędnem naukowem objaśnieniem zasady litografii.

Wiadomo powszechnie, że gdy chuchniemy na szybę szklanną, cała powierzchnia tej szyby pokrywa się jednostajnie parą;—ale jeżeli przed chuchnięciem pociągniemy na szybie kreskę palcem, para czepia się wtedy tylko części szyby palcem niedotkniętych. Objaw ten podobnym jest do tego, na którym polega litografia.

Chcąc otrzymać odbitki litograficzne, bierze się najprzód kamień wapienny drobno-ziarnisty i mocno zbity, który daje się doskonale wypole-

*) Sposób ten polega na tem, że na skorupce jaja pisze się lub rysuje coś łojem, a potem zanurza się ją w occie;—kwas wygryza części skorupki nie pokryte tłuszczem, a pismo lub rysunek pozostają nietkniętemi, a zatem wypukłemi.

rować, tak aby pióro i ołówek mogły się po nim ślizgać z łatwością. Ta odmiana kamienia wapiennego zowie się *kamieniem litograficznym.*

Na takim wypolerowanym kamieniu, artysta rysuje ołówkiem tłustym, składającym się zwykle z mydła i sadzy i urobionym w kształt wałeczka, który się zastruguje jak zwyczajny ołówek. Po ukończeniu rysunku, oblewa się kamień wodą, zawierającą w sobie pewną ilość kwasu saletrzanego. Kwas działa na kamień w miejscach nieosłoniętych rysami jakie pozostawił po sobie tłusty ołówek, a w miejscach pokrytych owemi rysami pozostawia go niektniętym. Następnie zmywa się kamień wodą a w końcu essencyą terpentynową, w celu oczyszczenia go zupełnie z wszelkich śladów rysunku i tłustego ołówka.

Po tak oczyszczonym kamieniu, nieprzedstawiającym żadnych rysów na swojej powierzchni, przeszedłszy wałkiem napuszczonym czernidłem drukarskiem, można otrzymać za pomocą prasy odbitkę rysunku na papierze.

Jakże więc wytłomaczyć to, co się stało z powierzchnią kamienia? Miejsca na które działał kwas, nie chwytają czernidła, kiedy tymczasem pokrywają się nim te, które przez kwas nie zostały dotknięte. Ciekawego tego objawu nie należy przypisywać małym różnicom poziomu jakie kamień przedstawia, ani sądzić że czernidło przylega do miejsc wypuklejszych; mamy tu przed sobą całkiem inny objaw siły przylegania. W skutek gryzącego działania kwasu, na powierzchni kamienia zaszły pewne zmiany; miejsca które uległy wpływowi kwasu nie mogą przyjąć na siebie czernidła, podczas gdy niedotknięte nim, chwytają je, zatrzymując na sobie. Jest to fenomen podobny do tego o którym już mówiliśmy, a który objawia się przy osiadaniu pary z ust na szybie. W dagerotypie widzimy jeszcze inny objaw tego samego rodzaju; tam znów te części płyty srebrnéj, które nie były wystawione na bezpośrednie działanie światła, nie chwytają na siebie pary merkuryuszu, która przylega tylko w tych miejscach płyty, pociągniętych jodkiem srebra, na które światło działało i chemicznie je przeobraziło.

Litografie odbijają się za pomocą prasy różniącéj się znacznie zarówno od prasy rytowniczéj czyli sztycharskiéj, jak od prasy drukarskiéj.

Jest jeszcze jedna okoliczność ważna, że przy odbijaniu kamień powinien być ciągle wilgotny, w przeciwnym bowiem razie czernidło rozłożyłoby się jednakowo na całej jego powierzchni i nie otrzymalibyśmy żadnego rezultatu. Preser zatem litograficzny powinien za każdą odbitką zwilżać na nowo powierzchnią kamienia.

Ponieważ kamień litograficzny dobry jest jeszcze zawsze dosyć drogim, mianowicie gdy ma większe rozmiary, więc zastępują go niekiedy płytami cynkowemi, z któremi postępuje się zupełnie tak jak z kamieniem. Powstaje ztąd tak zwana *cynkografia*. Zresztą pierwszy już wynalazca litografii, używał czasem cynku zamiast kamienia.

* * *

Aloizy Senefelder, twórca litografii, był ubogim aktorem nadwornego teatru monachijskiego. Człowiek ten pełen twórczych pomysłów, cierpliwy, choć pozbawiony wszelkiéj zachęty i pomocy, dzięki jedynie mozolnéj i wytrwałej pracy, doszedł do wprowadzenia w czyn, w życie, tego prostego a podziwienia godnego sposobu reprodukcyi, który tak dzielnie przyczynił się do spopularyzowania dzieł sztuki nowożytnej.

Syn aktora nadwornego teatru w Monachium, Alojzy Senefelder, urodzony w Pradze 1771 r., zrazu zajmował skromne stanowisko statysty w rzeczonym teatrze. Napisał on parę sztuk, które jednak nie miały wielkiego powodzenia, a mianowicie „Matyldę Allenstein” i „Ostrogotów”. Ażeby je publiczność lepiej ocenić mogła, postanowił je autor wydrukować. Chociaż bardzo ubogi, bez protekcyi i bez żadnych zasobów, dokazał przecież, że jednę z jego sztuk wydrukowano, a pilnując jej druku, obznajmił się ze wszystkiemi zasadami sztuki drukarskiéj. Nie będąc wstanie łożyć na druk reszty dzieł swoich, postanowił szukać sposobu tańszego reprodukowania rękopisów.

Z pomiędzy rozmaitych sposobów jakich próbował, najlepiej mu się udawał pewien rodzaj naśladownictwa sztycharstwa, zapomocą kwasu saletrzanego. Pisał on werniksem na płycie miedzianej, a następnie nadawał literom wypukłość, poddając płytę działaniu kwasu. Trzeba jednak było pisać na odwrót; Senefelder dołożywszy pracy nauczył się dość biegle j pisać literami drukowanemi. Ale płyty miedziane były drogie, trudno mu je było dokładnie wypolerować, zużywały się prędko, i z trudnością przychodziło robić na nich jakiekolwiek poprawki.

Zniechęcony tylu przeszkodami, zamierzał już porzucić przedsięwzięcie, zdające się przechodzić jego siły, gdy wtem nowa myśl błysnęła mu w głowie.— W okolicach Monachium znajdowały się łomy kamienia wapiennego, z którego wyrabiano tafle na posadzki.— Kamień ten, mocno zbity, dawał się wybornie polerować. Senefelder powziął tedy myśl użycia tego kamienia zamiast płyt miedzianych, któremi się dotąd posługiwał. Ale w jaki sposób go użyć, w tem leżała niemała trudność. Mnóstwo prób nie doprowadziło Senefeldera do pożądanego celu.

Nareszcie pewnego razu przypadek naprowadził go na sposób rozwiązania zagadki nad którą się biedził. Pewnego dnia, gdy właśnie był

zajęty rysowaniem na jednym z kamieni wapiennych które miał u siebie, przyszła do niego praczka po bieliznę. Nie mając papieru na podorędziu, napisał rachunek bielizny na kamieniu, owym tłustym atramentem, którego używał dawniej do pisania na miedzi,— i w tej chwili przyszło mu na myśl, żeby spróbować, czy za pomocą kwasu którego używał do wygryzania płyt metalowych, nie uda mu się otrzymać na kamieniu wypukłości dostatecznych do uzyskania odbitek.

Odtąd rozpoczął cały szereg najrozmaitszych prób, które go w końcu miały doprowadzić do wynalazku litografii. Kwas rozlany na powierzchnią kamienia nie zdołał wprawdzie wyżłobić go do tyla, aby pozostałe wypukłości posłużyć mogły do otrzymania odbitek zapomocą czernidła drukarskiego,— ale pokazało się że kamień ten pod działaniem kwasu uległ tego rodzaju zmianie w składzie swoim fizycznym, iż części jego osłonięte tłustym atramentem przed działaniem kwasu, przyjmowały na siebie czernidło, podczas gdy do części wystawionych na bezpośrednie działanie kwasu, czernidło zupełnie nie przylegało. Badając dalej ten objaw niespodziany, Senefelder porzucił niebawem pierwotną swoję myśl otrzymania wypukłego rysunku na kamieniu zapomocą kwasu. Przekonał się, że aby otrzymać odbitki pisma lub rysunku, dość było napisać lub narysować coś tłustym atramentem na wypolerowanym kamieniu wapiennym monachijskim, nalać następnie na ten kamień kwasu saletrzanego rozcieńczonego wodą, potem zetrzeć zupełnie z kamienia pierwotny rysunek tłustym atramentem, a następnie użyć tegoż kamienia do odbitek, powlekając go czernidłem drukarskiem.

Walec używany przez sztycharzy do rozprowadzania czernidła, wymagał pewnych zmian przy zastosowaniu do nowego swego przeznaczenia. Zmian tych dokonał Senefelder bardzo szczęśliwie, i jemu to zawdzięczamy wszystkie przyrządy i ułatwienia używane po dziś dzień przez litografów.

Ostatecznie wynalazek litografii udoskonalił Senefelder w r. 1799. Król bawarski dał mu przywilej na piętnastoletnie wyłączne korzystanie z tego wynalazku; podobnyż przywilej wyrobił sobie Senefelder w Wiedniu, Londynie i Paryżu. Urządził najprzód w Offenbach, następnie w Wiedniu a w końcu w Monachium zakład litograficzny, który rozwinął się nadzwyczaj prędko i rozpowszechnił w handlu arcydzieła mistrzów sztuki.

Szczęśliwszy od wielu wynalazców, Alojzy Senefelder miał tę pociechę, że widział na własne oczy ogromny rozwój swego odkrycia, podziw jaki ono budziło, i usługi jakie oddało sztukom pięknym. Znakomity ten artysta umarł w Monachium w r. 1834.

Litografia rzeczywiście bardzo szybko posuwała się po drodze postępu: czterdzieści lat bowiem zaledwie rozdziela jej narodziny od dojścia do szczytu doskonałości. Dziś atoli napotkała ona na groźną współzawodniczkę: fotografią. W rozpowszechnieniu utworów ołówka i pędzla, w kopiowaniu dzieł i pomników architektury, fotografia z każdym dniem bardziej wypiera litografią, która mianowicie pod względem wierności reprodukcyj nie może wytrzymać porównania ze swoją rywalką.

IV.

Papier.

Historya wynalazku papieru. — *Papyrus* starożytnych. — Papier lniany. — Postęp w wyrobie papieru. — Metody używane do wyrobu papieru. — Wyrób papieru ręczny. — Wyrób papieru maszynowy. — Sortowanie, ługowanie i płókanie szmat. — Bielenie massy. — Arkuszowanie. — Tektura i jej wyrób.

Sztuka przyrządzania włókien roślinnych w ten sposób, aby na nich można było pisać, bardzo dawnéj sięga epoki. Znali ją od niepamiętnych czasów Egipcyanie, i przekazali Rzymianom sposoby przeobrażania włókien roślinnych w powierzchnie błyszczące, delikatne, białe, gładkie i długo przechowywać się dające.

Papyrus jestto roślina obficie na bagnach egipskich rosnąca. Z niej to Egipcyanie przyspasabiali pierwsze karty pod pismo przydatne: karty te, przez wzgląd na ich pochodzenie, otrzymały nazwę *papyrus*'u.

Najpiękniejszy papyrus zwał się *hieratycznym*; kapłani używali go na pisma religijne, a z obawy aby go nie użyto na dzieła świeckie, prawa egipskie zabraniały sprzedawać go cudzoziemcom. Dla tego papyrus ten długo pozostał wyłączną własnością kapłanów egipskich.

Jednakże kupcy rzymscy, pomimo praw krajowych, zakupywali w Egipcie księgi religijne, zmywali z nich pismo egipskie aby można było pisać co innego na tym samym papierze i sprzedawać owe rękopisy. Taki papier zmywany, wysoko ceniony w Rzymie, nazywał się *papierem Augusta.*

Papier właściwy zaczęto najprzód wyrabiać na Wschodzie. Chińczycy i Japończycy wyrabiali go z bawełny, konopi, kory morwowej i z ryżowej słomy.

Wyrób papieru od niepamiętnych czasów znany już był na Wschodzie, kiedy Arabowie, około XI w., zanieśli przemysł ten do Europy. Pozakładali oni w Hiszpanii fabryki papieru z bawełny. Niebawem użycie papieru rozpowszechniło się po całej Europie. Pierwsze arabskie fabryki

papieru z bawełny powstały w Sepcie (dzisiejszej Ceucie) i w Xanthii (dzisiejszem San-Felipe).

Ponieważ nie znano jeszcze wówczas młynów wodnych, oraz rozmaitych dziś praktykowanych ulepszeń w wyrobie papieru, więc papier ówczesny był bardzo jeszcze lichy, mało miał mięsistości i rozdzierał się za najlżejszem pociągnięciem.

Papier lniany późniejszy jest od bawełnianego. Naturalna rzecz, iż w fabrykach europejskich próbowano zastąpić lnem bawełnę, tylko zamiast brać surowy materyał roślinny, użyto szmat lnianych. Szmaty te rozdrobnione, zanurzone w wodzie wrzącej a następnie przez miesiąc przeszło utrzymywane w pewnym rodzaju fermentacyi, przeobrażały się w miazgę, zdatną na wyrób papieru.

Zresztą w Europie nawet i wtenczas, kiedy papier wyrabiano jeszcze wyłącznie z bawełny, używano nań szmat czyli tak zwanych gałganów bawełnianych. Wynalazek młynów ręcznych, a niebawem potem i wodnych, zastosowanych we Włoszech do wyrobu papieru, stał się dzielnym środkiem udoskonalenia tej gałęzi przemysłu.

Pierwsze papiery wyrabiane w Europie przeznaczone były pod pismo i dla tego miały znaczną miąższość i były zaprawione klejem. Pierwsze też dzieła drukowane, odbijane były na papierze klejowym, co zresztą pozwalało je wygodniej przyozdabiać ornamentami i malowidłami od ręki, w celu nadania im tem lepszego pozoru rękopisów. Dopiero w szesnastym wieku zaczęto drukować na papierze bez kleju, przez co cena papieru drukowego spadła do połowy.

W XVII i XVIII wieku wyrób papieru we Francyi i w Niemczech wzmógł się znakomicie. W roku 1658 wpływało już do Francyi z Holandyi i Anglii przeszło dwa miliony liwrów turnejskich *), za papier rozmaitego rodzaju **).

Ulepszenia jednak w wyrobie papieru w ciągu wieku XVII i XVIII nader wolnym postępowały krokiem. Metody używane przez ten długi przeciąg czasu wymagały znacznej liczby robotników, gdyż wszystkie czynności odbywały się w nich od ręki. Wynalazek sposobu wyrabiania papieru zapomocą maszyn, czyli papieru maszynowego, ogromny tej ga-

---

*) *Livres tournois*, moneta bita w mieście Tours.

**) Wyrób papierów mocnych a tanich, służących do pokrywania ścian w pokojach, czyli tak zwanych *obić papierowych*, przyszedł do nas z Chin i z Japonii. Około roku 1555 Holendrzy i Hiszpanie wprowadzili ich użycie do Europy; ale dopiero w roku 1760 wynaleziono sposób nadawania takim obiciom kolorów trwałych, przyprawnych werniksem, który je chroni od uszkodzenia przez kurz na nich osiadający.

łęzi przemysłu nadał popęd. Zaszczyt tego wynalazku przypada Francuzowi, Ludwikowi Robert, pracującemu w papierni w Essonne.

W roku 1799 wynalazł on cały szereg przyrządów mechanicznych, zapomocą których można wyrabiać arkusze papieru dowolnej długości, przy szerokości oznaczonej. Wynalazca, za całą nagrodę, otrzymał 8,000 franków od rządu francuskiego.

Metoda Ludwika Roberta, aby wydać znakomite rezultaty, potrzebowała pewnych ulepszeń, i dopiero w roku 1803, w Anglii, płodny pomysł Roberta wszedł stanowczo w praktykę. Didot Saint-Léger, właściciel papierni w Essonne, kupił od Roberta przywilej na jego wynalazek wyrabiania papieru «bez końca.» Nie znalazłszy we Francyi pomocy ani zachęty, potrzebnej do udoskonalenia tego ważnego wynalazku, Didot Saint-Léger udał się do Anglii, w nadziei znalezienia tam więcej poparcia. Jakoż nie zawiodła go ta nadzieja. Jego to wytrwałości i ogromnym sumom pieniędzy, które kilku fabrykantów londyńskich oddało mu do rozporządzenia, zawdzięczamy pomyślnym skutkiem uwieńczoną konstrukcyą tej cudownej maszyny, która dziś służy do wyrobu papieru «bez końca.»

W roku 1814 Didot Saint-Léger sprowadził tę maszynę do Francyi, a później rozpowszechniła ona się dość szybko po całej Europie.

* * *

Papier wyrabia się dzisiaj dwoma sposobami: ręcznie i zapomocą przyrządów mechanicznych. Ten drugi atoli sposób zastępuje coraz bardziej i ruguje z użycia pierwszy. Metoda ręczna, ograniczona do małej liczby papierów wyższego gatunku, służy dziś jedynie do zaspokajania pewnych wyłącznych potrzeb. Wyrób mechaniczny przeciwnie dostarcza ogromnej ilości rozmaitych zwykłych papierów znanych w handlu, przeznaczonych jużto pod druk, jużto pod pismo.

Opiszemy z kolei obie powyższe metody.

Wyrób papieru ręczny. Szmaty przywiezione do fabryki, składające się wyłącznie z kawałków płótna i materyj bawełnianych, rozdzielają się na drobne strzępy, zwilżają się wodą i rzucają do miejsca gdzie przechodzą częściowy proces gnicia. Massa ta organiczna, pozostawiona samej sobie, pod wpływem powietrza i wody po pewnym czasie zaczyna przedstawiać objawy fermentacyi. Ciała obce materyi organicznej, która w języku chemicznym nosi nazwę *drzewnika*, i która stanowi istotę papieru, ulegają rozkładowi, mniej lub więcej zupełnemu przeobrażeniu, — kiedy tymczasem *drzewnik*, wytrzymalszy, opiera się gniciu. Gnojenie więc szmat ma na celu uwolnienie materyi drzewiastej, mającej stanowić papier, od wszelkich materyj obcych, znajdujących się wraz z nią w starych gałganach, zużytych i brudnych, z których papier ma się uzyskać.

Fermentacya ta kończy się w przeciągu dni dziesięciu do dwudziestu, a to wedle temperatury miejsca, rodzaju lub stanu gałganów, oraz rodzaju papieru który się wyrabiać zamierza.

W skutek zniknięcia materyj obcych drzewnikowi, cała massa przeobraża się w pewien rodzaj papki smrodliwej. Wtedy należy ją zamienić w massę papierową. W tym celu przekłada się ją do kadzi napełnionych wodą, zwanych *holendrami*; każda z tych kadzi jest opatrzona trzema lub pięcioma stępami umieszczonemi w jednym rzędzie i poruszanemi przez wał poziomy, palczasty, który obrotem swoim podnosi je i opuszcza kolejno.

Te uderzenia przerabiają massę, popychają ją ciągle w jednym kierunku i wywołują ruch sprzyjający zniszczeniu tkaniny. W chwili uznanej za stosowną ruch stęp zostaje wstrzymany a massę przekłada się do ostatniej kadzi, w której rozmiażdża się ostatecznie, czyli, wedle wyrażenia technicznego, rafinuje się.

Teraz idzie o to, aby massę tę przemienić w papier. W tym celu umieszcza się ją w kadzi, i stosownie do ilości dodanej do niej wody, nadaje się jej pewien stopień gęstości, od którego zależy grubość arkusza papieru. Robotnik, zwany *otwieraczem*, trzyma w ręku ramę czyli *formę*, składającą się z ramy drewnianej pokrytej drutami miedzianemi, których ślady czyli *prążki* można widzieć, przeglądając do światła papier w ten sposób robiony. Druty te opierają się w pewnych odstępach na innych drutach, grubszych, idących na poprzek. Nazwisko fabrykanta, które także wyczytać można na arkuszu, znajduje się także wyrobione z drutów miedzianych, umieszczonych w pośrodku ramy. Nareszcie w celu otrzymania żądanej długości i szerokości arkusza papieru, równie jak jego grubości, zależnej już w części od stopnia gęstości massy, przykłada się na formę drugą ramę ruchomą.

Otwieracz zanurza formę nakrytą ramą w massę, trzyma ją w niej jakiś czas poziomo a potem wyjmuje ją w takiemże samem położeniu. Następnie wstrząsa nią i kołysze rozmaicie, w celu spilśnienia włókien massy i równego jej rozdzielenia. Do tej roboty potrzeba nader wprawnego i zręcznego robotnika. Jeden człowiek może zrobić do 4,800 arkuszy dziennie.

Robotnik ten popycha następnie formę na pewien rodzaj równi pochyłej i zdejmuje ramę. Drugi odbiera tę formę, pozwala jej nieco ociec, poczem wywraca ją na kawałek sukna (fig. 12). Arkusz papieru odpada od formy, i natychmiast nakrytym zostaje innym kawałkiem sukna, na który niebawem przybywa znów nowy arkusz papieru. Zapomocą takiej ciągłej między dwoma robotnikami wymiany form, próżnej i napełnionej, powstaje

stos arkuszy rozdzielonych suknem. Gdy się zbierze dostateczna ich liczba, kładą je pod prasę dla wyciśnięcia z nich wody.

Następnie rozbierają te arkusze i suszą. Jeżeli papier służyć ma do pisania, zaprawia go się klejem. W tym celu, zanim się zacznie robić arkusze, zaprawia się massę roztworem kleju otrzymanego ze skóry rękawiczniczej.

Gdy arkusze wyschną, układa się je w *libry* a następnie w *ryzy*.

Wyrób papieru mechaniczny. Powiedzieliśmy już, że dzisiaj papier ręczny, zwany także *czerpanym*, rzadko kiedy się wyrabia, i że wogóle wyrób papieru zapomocą maszyn przyjął się i upowszechnił w całej Europie.



Fig. 12. (Str. 29).

pie. Tutaj musimy najprzód pomówić jeszcze nieco obszerniej o niektórych czynnościach, poprzedzających rozdzielanie massy na arkusze, a których tylko z lekka dotknęliśmy, mówiąc o wyrobie ręcznym.

Gałgany przychodzą do papierni tylko zgrubsza posortowane. Tu dopiero rozdzielają je na lniane, bawełniane, wełniane i jedwabne. Wełniane i jedwabne odrzucają, gdyż są niezdatne na papier, jako będące pochodzenia zwierzęcego, nie roślinnego. Następnie rozdzielają jeszcze gałgany nowe od starych, białe od kolorowych. Dla ułatwienia tej czynności, trzeba poprzednio jeszcze owe gałgany porozparać, postrzydz, oczyścić je ze szwów, obrąbków i t. p. poodparać guziki, haftki i t. d. Trzeba też zregulować rozmiary gałganów, obcinając te, które przechodzą pewną długość oznaczoną. Ta przygotowawcza robota zajmuje znaczną liczbę robotników i wymaga wielkiej baczności.

Po rozsortowaniu gałganów, pierze się je w roztworze sody, która niszczy pewne barwy, rozpuszcza pewne pierwiastki tłuste, niweczy spójność barwników z włóknem; następnie płócze się je w czystej wodzie.

Od tej to czynności zaczyna się właściwie wyrób papieru. Idzie tutaj o zniszczenie tkanki, o rozdzielenie włókien, o oczyszczenie ich wreszcie dokładne, tak aby je można było zmięszać i zrobić z nich pewien rodzaj massy.

Rozdzielanie gałganów odbywa się zapomocą szerokiego walca obejmującego w sobie dwie równie pochyłe z blachy. Naprost walca utwier-



Fig 13. Maszyna do rozdrabniania gałganów.

dzona jest płyta metalowa, również w blachy zaopatrzona. Otóż te blachy dokonywają rozdziału gałganów. Za pomocą siły bądź to wody, bądź pary, gałgany przechodzą jakoby pomiędzy zębami, utworzonemi przez rozmaite części tego przyrządu.

Fig. 13 przedstawia maszynę do rozdrabniania gałganów. Wewnątrz walca *N* umieszczone są blachy, pomiędzy które gałgan przechodzi; *R* jest to kran służący do wpuszczania do kadzi potrzebnej do roboty ilości wody; *m* jest korbą obracaną ręką lub parą i obracającą znów walec *N*, za pomocą dwóch kółek zębatych.

Przełożone następnie do kadzi napełnionéj wodą i powtórnie rozdrobnione w wodzie podobnym do wyżéj opisanego przyrządem, gałgany przeobrażają się w końcu w prawdziwą massę.

Tak przyrządzona massa przechodzi jeszcze wyższy stopień rozdrobnienia w kadzi do rafinowania, która tem tylko różni się od poprzedniego przyrządu, że walec opatrzony jest w większą ilość blach i porusza się w wodzie z większą szybkością.

Przerobiona w ten sposób massa zachowuje jeszcze barwę, jaką miały gałgany: idzie więc o to żeby ją wybielić. W tym celu, wyciska się z niej znaczną część znajdującej się w niej wody; następnie wkłada się ją do szczelnie zamkniętego zbiornika, do którego wpuszcza się gaz chlorowy.

Gaz ten, posiadający w wysokim stopniu własności odbarwiające, otrzymuje się przez rozgrzewanie mięszaniny soli morskiej, kwasu siarkowego i związku bardzo często używanego w laboratoryach chemicznych, zwanego dwutlenkiem manganezu. Do wybielenia 500 kilogramów rozdrobnionych gałganów potrzeba około 4 metrów sześciennych gazu chlorowego.

Bielą też massę papierową za pomocą chlorku wapna rozpuszczonego w wodzie.

Przyrząd służący do bielenia i mycia massy papierowej składa się z wielkiego walca pustego, przeznaczonego na pomieszczenie massy mającej się poddać działaniu gazu chlorowego. Walec ten osadzony jest na osi, na któréj może się obracać podczas gdy gaz chlorowy weń napływa; ruch ten, przewracający ciągle gałgany, ułatwia proces odbarwienia. Po dokonaniu odbarwienia, robotnik wydobywa massę z walca przez otwór umieszczony w jego środku i wrzuca ją w kadź napełnioną wodą, w któréj, przez długie płókanie, oswobodzoną zostaje od chloru. Wtedy już jest zupełnie gotowym na papier materyałem.

Teraz chcielibyśmy dać choć ogólne wyobrażenie o tem skomplikowanem a szybkiem działaniu, które massę tę zamienia w papier.

Massa papierowa przyprowadzona wyżej opisanemi sposobami do stanu zupełnej białości i utrzymywana w wodzie w stanie zawieszenia, przeprowadza się zapomocą pompy do płytkiego zbiornika. Ztamtąd, zapomocą mechanizmu poruszającego, przechodzi ona na powierzchnią obracającego się walca pokrytego flanelą, której się czepia i tężeje wskutek parcia wywołanego szybkim walca obrotem. W ten sposób pokryta warstwą massy papierowéj, flanela ta nawija się kolejno na cały szereg szerokich walców metalowych, próżnych, wewnątrz parą ogrzanych. Przechodząc na te walce, massa papierowa wysycha, twardnieje zwolna i na-



Fig. 14. Machina do mechanicznego wyrobu papieru.

biera w końcu konsystencyi arkusza wilgotnego. W ten sposób tworzy się długa niejako wstęga papieru, którą następnie poruszane mechanicznie nożyce krają na arkusze dowolnej wielkości. Arkusze te umieszczają się pojedyńczo miedzy płytami cynkowemi, które idą pod prassę dla wyciśnięcia z papieru reszty wilgoci. Następnie arkusze dosychają w suszarni i papier staje się zupełnie do użycia gotowym.

Fig. 14 przedstawia maszynę do mechanicznego wyrobu papieru.

Tektura. Tektura jest po prostu zlepkiem papierów twardych, niższych gatunków. Wyrabia się ze starych papierów, które zapomocą gnicia przyprowadzone zostają napowrót do stanu massy papierowej. Massę tę miele się między kamieniami młyńskiemi, a następnie robi się z niej grube arkusze w formach, podobnie jak przy wyrobie papieru czerpanego.

V.

Bussola czyli Kompas morski.

Magnes u Greków i Rzymian.— Igła magnesowa.— Bussola znana już była w Europie w wieku XII.— Wykład objawów jakie przedstawia igła magnesowa.— Kompas morski.— Zboczenie i pochylenie igły magnesowéj.— Pożytki bussoli.

Magnesem naturalnym nazwano pewien tlennik żelaza, w który obfitują niektóre ziemie, a który posiada własność przyciągania do siebie żelaza i niektórych innych kruszców, jak np. niklu i kobaltu.

Według wielce starożytnego podania, pasterz pewien, nazwiskiem *Magnes*, szukając owcy która mu się zabłąkała na górze Idzie, poczuł, że podkute jego obuwie i okuty w żelazo koniec jego kija, przylgnęły mocno do czarniawej bryły, na której usiadł był na chwilę żeby odpocząć. Bryła ta była magnesem. Starożytność tej legendy dowodzi, że *magnes* znany był od najdawniejszych czasów u ludów rozmaitych.

Kupcy chińscy w VII i VIII w. po Chr. odbywali dalekie morskie podróże. Utrzymują, że w podróżach tych kierowali się już zapomocą igły magnesowej. Niektórzy uczeni twierdzą nawet, że Chińczycy od r. 121 po nar. Chr. zostawali już w posiadaniu tego szacownego środka pomocniczego w żegludze. Najstarsze jednak dowody odnoszące się do tego przedmiotu, jakie znajdujemy w dziełach chińskich, sięgają dopiero XI wieku.

Grecy i Rzymianie znali magnes, który zwali *kamieniem*, uznając go niby kamieniem nad kamienie; ale poprzestawali na podziwianiu jego własności, nie ciągnąc z niego pożytków. Wiedzieli że magnes przyciąga żelazo, ale nie znali głównej jego cnoty, to jest własności jaką ten kruszec posiada, że się zwraca ku północy, gdy zostanie wykrojony w kształt cienkiego pręcika i zawieszony tak, że się może poruszać swobodnie i bez przeszkody.

Igła magnesowa około dwunastego wieku dostała się po raz pierwszy do Europy. Podczas krucyat, europejczycy pozostając w ciągłej styczności z Arabami, dowiedzieli się od nich o tym cennym wynalazku. Arabowie znów nauczyli się użycia bussoli od Indyan, gdyż dzięki żeglarzom chińskim, użycie igły magnesowej rozpowszechnione było na morzach indyjskich.

Historya literatury francuzkiej dostarcza nam dowodu na to, że przy końcu XII w. bussola znana była w Europie. Poeta trubadur francuzki, Guyot de Provins, tak ją bowiem opisuje około r. 1180:

Une pierre laide et brunière,
Où li fer voulentiers se joint.

Hugo Bertin, który żył za Ludwika Świętego, mniej więcej jednocześnie z Guyot'em de Provins, opowiada, że w owej epoce umieszczano igłę magnesową w naczyniu szklannem, do połowy napełnionem wodą, tak iż pływała po niej, zapomocą dwóch źdźbeł słomy.

Pierwsza więc bussola jakiej używali żeglarze, składała się z igły magnesowej pływającej po wodzie, jak to widzimy na fig. 15. Ale tarcie się jej o płyn, musiało prawie zupełnie paraliżować ruch igły pociąganej ku północy. Sposób ten nie mógł więc dostarczać pewnej wskazówki.



Fig. 15.

Jak się nazywał ów gienialny człowiek, który powziął myśl zdjęcia igły magnesowej z wody po której zapomocą źdźbeł pływała, a osadzenia jej na pionowym śpiczastym czopku ze stali, wznoszącym się w pośrodku pudełka, i utworzenia tym sposobem bussoli, z pewnością nie wiadomo.

Włosi zasługę tę przypisują sternikowi nazwiskiem Flavio Gioja, rodem z królestwa Neapolitańskiego, lecz zaszczytu tego zkądinąd mu zaprzeczają. To jednak pewna, że Włosi nadali nazwę temu szacownemu przyrządowi.

Anglicy mają także pretensyą do wynalazku bussoli, dla tego że dodali do niej kółko z tektury, podzielone na 32 wycinki nazwane *różą wiatrów*.

Kwiat lilii wreszcie, który na róży wiatrów oznacza u wszystkich narodów północ, zdaje się dowodzić, że Francuzi znaczne ulepszenia w bussoli poczynili.

* * *

Zanim pójdziemy dalej, wypada nam wytłómaczyć ruch igły magnesowej umieszczonej w bussoli.

Główne zjawisko, jakie nam przedstawia igła magnesowa, to jest własność jej zwracania się ciągle ku północy i powracania zawsze do tego kierunku, ilekroć się ją z niego sprowadzi, da się łatwo wytłómaczyć, jeżeli za przykładem fizyków uważać będziemy samą kulę ziemską jako wielki magnes naturalny. Jakoż ziemia, w działaniu swojem magnetycznem, przedstawia nam wszystkie objawy właściwe magnesom natural-



Fig. 16.

nym i sztucznym. Gdy naturalny magnes formy podłużnej, albo poprostu sztabkę namagnesowaną (f. 16) włożymy w opiłki żelazne, spostrzeżemy, że opiłki przyciągnięte siłą magnetyczną nie są równo po całéj długości magnesu lub sztabki namagnesowanej rozdzielone. Opiłki te przylegają głównie do dwóch końców sztabki, a ilość ich zmniejsza się znacznie, w miarę oddalenia od końców: w środku sztabki siła przyciągania znika, ani jedna cząsteczka opiłek miejsca tego się nie czepia. Otóż dwa końce magnesu *a*, *b*, zowią się *biegunami magnetycznemi*, a miejsce gdzie siła magnetyczna działać przestaje *n*, *t*, zowie się *linią neutralną*.



Fig. 17.

Oba bieguny magnesu lub sztabki namagnesowanej, przysunięte do sztabki żelaznej, zdają się wywierać jednakie na nią działanie,— ale ta jednakowość działania jest tylko pozorną. Fizycy przypuszczają w magnesie istnienie dwojakiego rodzaju płynów, z których każdy działa odpychająco sam na siebie a przyciągająco na płyn drugi, i których siły wypadkowe mieszczą się na końcach czyli biegunach magnesu.

Jakoż gdy zawiesimy na nitce małą igiełkę magnesową *a*, *b*, (fig. 17) i trzymając w ręce drugą igłę magnesową A, zbliżymy kolejno koniec A tej igły, do biegunów igiełki zawieszonej *a*, *b*, zobaczymy że igła A przyciągać będzie koniec czyli biegun *b*, a odpychać koniec czyli biegun *a*.

Wszystkie magnesy posiadają tę własność, tak iż fizyka przyjęła następne prawo wzajemnego działania na siebie magnesów: *bieguny magnesowe równoimienne odpychają się, różnoimienne się przyciągają.*

Prosta zabawka dziecinna uwidoczni czytelnikowi tę zasadę. Trzymając w ręce małą sztabkę namagnesowaną, taką jakie służą do zabawy dzieci, przez przyciąganie innego jakiegoś przedmiotu pływającego po wodzie np. łabędzia, rybki i t. p., (f. 18) zrobionych z żelaza namagnesowanego, jeżeli obrócimy sztabkę, to jest zbliżymy do owego przedmiotu pływającego koniec jej drugi, ten któryśmy trzymali przed chwilą w ręce, ujrzymy



Fig. 18.

że przedmiot ów natychmiast przestaje być przyciąganym, a nawet zostaje dość silnie odepchniętym. Końce tedy czyli bieguny magnesu posiadają własności przeciwne: jeden odpycha to, co drugi przyciąga.

Ziemia uważaną być może jako magnes olbrzymich rozmiarów, gdyż działając na rozmaite ciała magnetyczne, przedstawia wszystkie objawy, jakie spostrzegamy we wzajemnem na siebie działaniu magnesów. To więc, że igła magnesowa osadzona i swobodnie poruszająca się na czopku, zwraca się ciągle ku północy, to jest, ulega ze strony kuli ziemskiej sile przyciągania ciągle w tym samym kierunku działającej, pochodzi ztąd, że kula ziemska działając jako magnes, przyciąga jeden z biegunów tej igły ku własnemu biegunowi różnoimiennemu. Jestto zupełnie to samo, co widzimy na dwóch magnesach, które działając na siebie, przyciągają się biegunami różnoimiennemi,— tylko że w tym wypadku jednym magnesem jest ziemia, a drugim igła magnesowa którą obserwujemy.

Tak jak wszystkie magnesy naturalne i sztuczne, i ziemia przedstawia też dwa *bieguny*, posiadające własności przeciwne i *linię neutralną*. Podobnie jak to widzimy na wszystkich magnesach, jej siła przyciągania magnetyczna potężniejszą jest na dwóch jej kończynach czyli na dwóch jej *biegunach*, a prawie zupełnie niknie w jej środku, to jest u *równika*.

Jednem słowem, zjawiska jakie nam przedstawia igła magnesowa, jak to już nadmieniliśmy, dadzą się z łatwością wytłómaczyć, jeżeli uważać będziemy kulę ziemską jako magnes olbrzymi, którego bieguny przypadają na bieguny ziemskie a linia neutralna na równik.

* * *

Bussola, służąca żeglarzom do kierowania się po morzu, jest poprostu igłą magnesową, która ustawiona w równowadze na czopku i mogąc się poruszać z wszelką swobodą, zwraca się ciągle ku północnemu ziemi biegunowi, i tym sposobem wskazuje żeglarzom kierunek północny.

Pierwsi żeglarze nie odważali się zbytecznie oddalać od wybrzeży, a wypłynąwszy na pełne morze, tylko słońce i gwiazdę polarną mieli za przewodników. Ale chmury często zakrywają słońce a noce nieraz bywają ciemne. Jakże wtedy kierować okrętem, nie powierzając się zupełnie na wolę fal? Otóż tutaj przychodzi w pomoc żeglarzom igła magnesowa i wskazuje im drogę.

Fig. 19 przedstawia zasadnicze części bussoli, to jest z jednej strony igłę magnesową A, z drugiej czopek B, opatrzony na wierzchu w trzpień agatowy, na którym spoczywa igła magnesowa, poruszająca się swobodnie w kierunku poziomym.

Bussola morska czyli *kompas morski* składa się z igły magnesowej osadzonej na czopku, utrzymywanej w równowadze i nadzwyczaj ruchomej. Igła ta umieszczona jest w rodzaju pudełka albo puszki, która jest albo drewniana albo miedziana; żelazo zupełnie musi z niej być wykluczone, gdyż przyciągając igłę, zmieniałoby jej kierunek naturalny.

Igła magnesowa tak jest urządzona, że może poddawać się wszelakim ruchom okrętu nie wychodząc z poziomego położenia, gdyż pudełko w którem jest umieszczona w taki sposób jest zawieszone, że się zawsze, bez względu na ruchy okrętu, do poziomu układa. Pod igłą umieszczone jest kółko z tektury, którego środek odpowiada środkowi długości igły i leży na przedłużeniu pionowem czopka. Ten krążek tekturowy towarzyszy igle we wszystkich jej ruchach i miarkuje jej oscyllacye.

Fig. 20 przedstawia przekrój bussoli: *cd.* jest puszką, wewnątrz której igła magnesowa *b* jest zawieszona; *f*, *f*, są to poprzeczne otwory służące do otwierania i zamykania puszki.

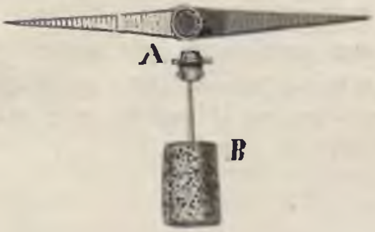


Fig. 19.

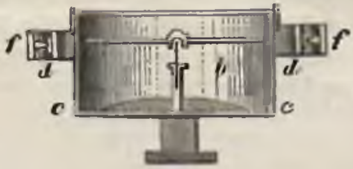


Fig. 20.

Różą wiatrów nazywamy krążek umieszczony w bussoli pod igłą, tak iż środek jego leży na linii pionowej czopka. Obwód tego krążka podzielony jest na 32 części równe, zwane *wycinkami* albo *okolicami wiatrów*. Cztery główne punkta na róży oznaczają cztery *punkta kardynalne* czyli cztery *okolice świata*, a mianowicie: Północ, Południe, Wschód i Zachód. Te cztery główne podziały dzielą się znów na cztery inne pośrednie, t. j. na Północny Wschód, Południowy Wschód, Południowy Zachód, i Północny Zachód; zowią je też *pół-wycinkami*. Te dzielą się na ćwierć-wycinki, a z tych każdy jeszcze na dwie połowy.

Fig. 21 przedstawia różę wiatrów ze wszystkiemi podziałami, a środek jej zajmuje środek igły magnesowej.

Na fig. 22 widzimy przedstawiony sposób, w jaki przyrząd cały jest zawieszony, tak aby zawsze utrzymywał się w położeniu zupełnie poziomem, bez względu na ruchy jakim ulega okręt pochylany falami bądź to na osi swojej, bądź w kierunku swojej długości.

Bussola służy do kierowania przodem okrętu ku miejscu do którego ma zdążać. Wewnątrz puszki narysowana jest kreska prostopadła pociągnięta tak, aby promień stanowiący jej przedłużenie był dokładnie równoległym do osi okrętu. Obserwując na cyferblacie bussoli położenie igły względem puszki, można wiedzieć odrazu w jakim kierunku porusza się przód okrętu. Gdy kapitan rozkaże sternikowi płynąć według takiego a takiego wycinka wiatru, sternik w ten sposób kieruje sterem, aby przód okrętu odpowiadał zawsze wskazanemu wycinkowi.

* * *

Przez długi czas mniemano, że igła magnesowa zwraca się wszędzie dokładnie w kierunku północy. Pierwszy Krzysztof Kolumb, podczas sławnej swojej podróży, w której odkrył świat nowy, w r. 1492, spostrzegł że igła bussoli zbacza widocznie od rzeczywistej północy.

W r. 1599 żeglarze holenderscy ułożyli tablice, w celu sprawdzenia tego zboczenia w rozmaitych punktach kuli ziemskiej. Inni badacze dostrzegli, że zboczenie igły magnesowej zmienia się nietylko przy przenoszeniu się z miejsca na miejsce, ale i na tem samem miejscu po upływie pewnego czasu. Odtąd zaczęto rozróżniać zmienny kierunek igły od stałego kierunku południka astronomicznego, i nadano mu przez analogią



Fig. 21.

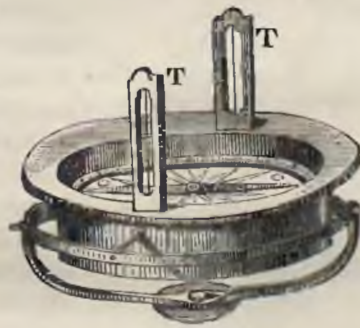


Fig. 22.

nazwę *południka magnetycznego*. Kąt jaki te dwa południki tworzą między sobą, zowie się *zboczeniem*, a według tego jak koniec igły pozostaje na zachód albo na wschód od południka, astronomicznego powstaje zboczenie *wschodnie* lub *zachodnie*.

Zboczenie to zmienia się wielce w rozmaitych miejscach; jest zachodniem w Europie, wschodniem w Ameryce i w północnej Azyi. Ale i w tem samem miejscu przedstawia różne zmiany: jedne z nich są regularne, drugie nieregularne. Zorze północne, wybuchy wulkaniczne, uderzenia piorunów wywierają wpływy chwilowe na zboczenie igły; co do zmian regularnych, te bywają wiekowe, roczne albo dzienne.

Aż do r. 1576 mniemano, że igła magnesowa pozostaje w zupełnie poziomem położeniu. Widząc że się nachyla w jednę albo drugą stronę, przypisywano to nachylenie błędnemu wynalezieniu środka ciężkości igły. Około tego czasu Robert Norman, fabrykant narzędzi na jednem z przedmieść Londynu, odkrył, zapomocą nader prostego doświadczenia, że przy nachylaniu się igły działa inny jakiś wpływ a nie ciężkość. Przyszło mu

na myśl, żeby sprawdzić ciężar potrzebny do przyprowadzenia igły do zupełnie poziomego kierunku, i przekonał się, że ciężar ten nie był w odpowiednim stosunku do dwóch ramion igły, a zatem że nachylenie igły pochodziło z innej przyczyny, a nie z nierówności ciężaru jej ramion.

Zawiesiwszy igłę magnesową *gg*, (fig. 23) w taki sposób, aby się swobodnie poruszała około swego środka ciężkości po pionowej płaszczyznie południka *ll*, a oprawioną tak, aby się nie mogła poruszać w kierunku poziomym, zobaczymy że się pochyli ku poziomowi. Nachylenie to będzie tem większe, im bardziej zbliżać się będziemy ku jednemu lub drugiemu biegunowi ziemskiemu, tak, iż w strefie podrównikowej jest pewien szereg punktów, w których igła pozostawać będzie w położeniu zupełnie poziomem, podczas gdy w okolicach podbiegunowych istnieje punkt, w którym igła staje w położeniu niemal prostopadłem.

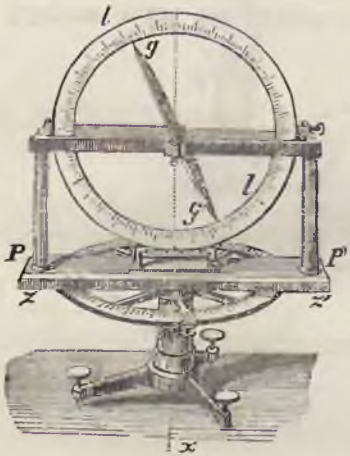


Fig. 23.

Te rozmaite położenia igły względem poziomu zowią się jej *pochyleniem.* Punkta leżące w okolicy biegunów, w których igła przechodzi w położenie niemal prostopadłe, nazywają się *biegunami magnetycznemi.* Linia w okolicy podzwrotnikowej, w której igła przeciwnie przybiera położenie zupełnie poziome, zowie się *równikiem magnetycznym.*

Bussola jest nader cennem narzędziem dla żeglarza, dzięki bowiem jej wskazówkom, może on zawsze wiedzieć z pewnością, w jakim kierunku posuwa się jego okręt. Narzędzie to i na ziemi świadczy niemałe usługi. Wpośród gęstego lasu, w głębi wielkiej kopalni, bussola wskazuje robotnikowi kierunek północny, pozwala mu zmiarkować w jakiem miejscu się znajduje i jakiej ma się trzymać drogi, aby się dostać w miejsce oznaczone. Robotnicy pracujący w głębi kopalń nie posiadają żadnego innego oprócz bussoli środka, do posuwania się w pewnym oznaczonym kierunku z robotami, budowlami i galeryami.

VI.

Zegary i zegarki.

Historya zegarów.— Klepsydra czyli zegar starożytnych.— Klepsydra piaskowa.— Zegar słoneczny. — Niedokładność sposobów używanych do mierzenia czasu w wiekach średnich. — Wynalazek zegarów z wagami. — Zastosowanie wahadła do zegarów. — Wynalazek zegarków kieszonkowych.— Główne składowe części zegarów i zegarków. — Zegary elektryczne.

Pierwszym zegarem o jakim wzmiankuje historya jest *klepsydra*. Było to naczynie napełnione wodą a mające mały otwór u spodu.

Klepsydra opierała się na następującej zasadzie: równe ilości płynu wypływają z danego naczynia w jednakowym czasie, jeśli wodę w naczyniu utrzymuje się ciągle w jednakiej wysokości (fig. 24). Na tej zasadzie, można zmierzyć czas, mierząc objętość wody, która w pewnym danym czasie wypłynie z danego naczynia.



Fig. 24.

Klepsydra zwyczajna, przyrząd bardzo prosty i niedokładny, używana była przez długi czas przez Greków i Rzymian bez żadnej zmiany. Pierwszem w niej ulepszeniem było to, że na zewnętrznej stronie naczynia z którego woda wypływała, nakreślono równe między sobą podziały, co dawało możność mierzenia pewnych ustępów czasu.

Następnie klepsydra straciła pierwotną swoją prostotę. Opatrzono ją w cyferblat, po którym posuwały się skazówki zapomocą następnego mechanizmu: na powierzchni wody znajdującej się w zbiorniku unosił się pływak, który obniżając się w miarę jak woda wypływała, pociągał za sobą w kierunku prostopadłym sznurek okręcony na osi skazówki, która przez to nabierała ruchu obrotowego, posuwając się po cyferblacie. Był

to w każdym razie postęp, bo chociaż czynnik ruchu w czasomierzu był zawsze jeszcze bardzo prosty, to jednak sposób mierzenia ustępów czasu rzeczywiście został ulepszonym.

Czasomierz taki wskazywał godziny; ale okres czasu tak mierzonego był zanadto krótki. Zadanie dłuższego chodu czasomierzów rozwiązano w ten sposób, że do poruszania skazówek po cyferblacie użyto dwóch kół zębatych rozmaitej średnicy, z których jedno służyło do wskazywania godzin, a drugie do wskazywania minut.



Fig. 25.

Urządzenie to widzimy na fig. 25, która przedstawia klepsydrę ulepszoną i opatrzoną w cyferblat. Ktesibius z Aleksandryi w r. 250 przed Chr. zbudował klepsydrę bardzo skomplikowaną.

Zdaje się że i na Wschodzie zaprowadzono znakomite ulepszenia w klepsydrze, albowiem gdy w r. 62 przed Chr. Pompejusz, po zwycięztwach nad Tigranesem, Antyochem i Mitrydatem, odbywał wjazd tryumfalny do Rzymu, jako najwspanialsze z jego trofeów zwycięzkich podziwiano udoskonaloną klepsydrę, na jednym z azyatyckich królów zdobytą.

Oprócz klepsydry wodnej dwa jeszcze inne przyrządy używane były do mierzenia czasu u starożytnych, a mianowicie: klepsydra piaskowa i zegar czyli kompas słoneczny.

Klepsydra piaskowa (fig. 26) składała się z dwóch małych flaszeczek, których szyjki, bardzo wązkie, były z sobą połączone. Jedna z tych flaszeczek zawierała w sobie miałki piasek. Przeciąg czasu potrzebny na przesypanie się piasku z jednej flaszeczki do drugiej, służył za miarę czasu.

Klepsydra piaskowa używana była u Egipcyan od najdawniejszych czasów. Rzymianie używali jej jednocześnie z klepsydrą wodną. Używano jej na zebraniach w Sorbonie jeszcze w r. 1656. Dziś jeszcze nawet można ją widzieć używaną przy egzaminach uczniów fakultetu medycznego i szkoły farmaceutycznej w Paryżu i w Montpellier.

Zegar czyli kompas słoneczny polega na położeniu słońca i cienia w rozmaitych chwilach dnia; jest to jedno z najpiękniejszych zastosowań

geometryi. Wynalazek jego przypisują fizykom szkoły aleksandryjskiej, tej słusznie używającej wielkiego rozgłosu akademii, założonej przez Ptolomeuszów egipskich na dwa wieki przed Chr.

Kompas słoneczny jest narzędziem służącem do mierzenia czasu zapomocą poruszającego się cienia, padającego na powierzchnią płaską od pręta oświeconego słońcem.

Kompas słoneczny był bezwątpienia narzędziem wielkiej wagi, ale niekompletnem, ponieważ nie wskazuje czasu w nocy i wogóle gdy słońce nie świeci.

Począwszy od IV do X w. ery chrześciańskiej, nauki w Europie pogrążone były w ciemnościach barbarzyństwa. Jedynemi piastunami umiejętności były w owej epoce ludy mahometańskie, a mianowicie Arabowie w Afryce i Maurowie w Hiszpanii. W IX w. kalif wschodni Harun-al-Raszyd, wprawił w podziwienie dwór Karola Wielkiego przysłaną klepsydrą. W tych czasach ciemnoty, Europa zapomniała nawet sztuki mierzenia czasu, którą jej starożytni przekazali. Zakonnicy średniowieczni zmuszeni byli radzić się nieba kiedy mają dzwonić na ranne pacierze, a faktem jest stwierdzonym, że w. r. 1108, w bogatem opactwie Kluniackiem, zakrystyan radził się gwiazd, gdy chciał wiedzieć czy już czas budzić zakonników na nocne modlitwy.



Fig. 26.

W X w. mnisi po wielu klasztorach niemieckich regulowali swoje modlitwy wedle piania koguta.

Pierwsza wzmianka o zegarze znajduje się w „Zwyczajach zakonu Cystersów" *(Usages de l'ordre de Citeaux)* zebranych około r. 1120, gdzie napotykamy przepis, iż zakrystyan tak powinien nastawić zegar *(l'horloge)* znajdujący się w opactwie, aby bił przed rannemi pacierzami.

W r. 1370, za czasów Karola V. zjawił się we Francyi zegar niepospolity, zbudowany przez Niemca, Henryka de Vic. Karol V sprowadził tego kunsztmistrza do Paryża, aby mu zrobił zegar pałacowy, i wyznaczył mu za tę robotę sześć susów paryskich *(six sous parisis)* dziennej płacy.

Zegar ten, umieszczony na wieży pałacu Karola V, zawierał w sobie wszystkie główne czynniki dzisiejszych zegarów: czynnik ruchu, t. j. wagę, regulatora w kształcie wahadła i zaopatrzony był w sprężynę.

Było to jednak dopiero niemowlęctwo [sztuki zegarmistrzowskiej. Maszyny chronometryczne były ciężkie i niewygodne: motor pałacowego zegaru Karola V. ważył pięćset funtów.

W XV w. zaczęto używać zegarów przy obserwacyach astronomicznych, i wiadomo jak szybkie postępy zawdzięcza astronomia zastosowaniu tych narzędzi. Nauczyciel Kepplera, astronom duński Tycho-Brahé, posiadał w r. 1569, w przepysznem swojem obserwatoryum w Uranienburgu, zegar wskazujący minuty i sekundy.

Najważniejszym dla mierzących czas przyrządów wynalazkiem, było zastosowanie wahadła, w celu uregulowania jednostajności chodu zegara. Cóż to jest wahadło? Jest to pręt metalowy zakończony ciałem ciężkiem (fig. 27). Zawiesiwszy ten przyrząd za koniec pręta i zepchnąwszy go z położenia pionowego, będzie on odbywał ruchy na lewo i na prawo tego pierwotnego położenia, które to ruchy zowią się *oscyllacyami wahadła*. Oscyllacye te są zawsze między sobą równe, czyli *izochroniczne*, jeśli są małe, chociaż łuk który opisuje soczewka wahadła zmniejsza się ciągle, w skutek oporu powietrza i tarcia w punkcie zawieszenia wahadła.



Fig. 27.

Odkrycie *izochronizmu* oscyllacyj wahadła zawdzięczamy nieśmiertelnemu Galileuszowi. W r. 1582 Galileusz, wtedy jeszcze bardzo młody, spostrzegł po raz pierwszy ten ważny fakt, obserwując zupełną jednostajność oscyllacyj lampy, zawieszonej u sklepienia kościoła katedralnego w Pizie. Jednak dopiero w czterdzieści przeszło lat później, powziął on myśl zbudowania zegaru na zasadzie jednostajności oscyllacyj wahadła. Nie wykonał jednak sam tego zamiaru; ograniczył się jedynie na wskazaniu teoretycznie możności skorzystania z wahadła, w celu nadania zupełnej równości chodowi zegarów. Wspaniałego tego zastosowania dokonał dopiero uczony holenderski, Krystyan Huygens, który osiedlił się we Francyi, dzięki zachęcie ministra Colberta.

Krystyan Huygens, jeden z najgienialniejszych ludzi XVII w., nie poprzestał na wprowadzeniu w praktykę pomysłu Galileusza co do zastosowania wahadła do wymiaru czasu, ale dokonał jeszcze drugiego wynalazku, równie ważnego jak tamten, to jest wynalazku sprężyny ślimakowatej, która działaniem jakie wywiera rozprężając się, zastępuje wagę, której przedtem wyłącznie używano jako motora przy zegarach.

W r. 1657 Krystyan Huygens posłał stanom holenderskim opis zegaru, przeznaczonego do mierzenia z bezwzględną dokładnością najdrobniejszych podziałów czasu. Zegar ten obejmował w sobie dwa główne wynalazki, które stanowią podstawę zegarmistrzowstwa nowożytnego, to

jest: sprężynę spiralną jako motor, i wahadło, służące do regulowania i ujednostajnienia działania motora.

Huygens odrazu pojął całą doniosłość swoich wynalazków. Oto co pisał w r. 1673 do Ludwika XIV, poświęcając mu swoje *horologium oscillatorium* (zegar z wahadłem).

„Nie będę tracił czasu, wielki królu, na wykazanie ci całego pożytku tego wynalazku, gdyż *automaty* moje, umieszczone w twoich apartamentach, codziennie uderzają cię swoją regularnością i następstwami jakie zapewniają dla rozwoju astronomii i żeglugi”.

Wynalazek sprężyny ślimakowatej, która elastycznością swoją wywiera ten sam skutek co waga zegarowa, pozwolił na wyrabianie zegarów przenośnych, które z czasem do coraz mniejszych sprowadzane rozmiarów, otrzymały nazwę *zegarków kieszonkowych*. Nie znamy ani epoki ani nazwiska pierwszego twórcy zegarka kieszonkowego.

Chociaż bardzo wygodne, pierwsze zegarki kieszonkowe nie mogły dokładnie wskazywać godzin, gdyż nie zastosowano jeszcze do nich tak zwanego *ślimaka* który reguluje i ujednostajnia działanie motora.

Wynalazca tego przyrządu jest niewiadomy, a jednak jest to jeden z najpiękniejszych ludzkich wynalazków.

Repetyery wynaleziono w Anglii, w r. 1676. Zegarmistrze Barlow, Quare i Tompson spierali się o ten wynalazek.

W wieku XVIII, tak płodnym w nowe wynalazki, zasłynęli jako znakomici zegarmistrze: Sully, Piotr i Julian le Roi, Ferdynand Bertoud, Lepaute, Harrisson, Bréguet. Wtedy też zaczęto wyrabiać zegarki morskie czyli *chronometry*, zadziwiające swoją regularnością i dokładnością.

* * *

Nowożytna sztuka zegarmistrzowska, będąca wynikiem wynalazków których krótkie dzieje podaliśmy wyżej, zajmuje się wyrabianiem zegarów z wahadłami i bez wahadeł, zegarków kieszonkowych, wreszcie chronometrów, to jest przyrządów służących do mierzenia ustępów czasu z jak najściślejszą akuratnością, a opatrzonych w mechanizm daleko bardziej skomplikowany niż w zegarkach kieszonkowych. Nie jest naszym zamiarem opisywać tu z zupełną dokładnością te przyrządy, ani tłómaczyć wzajemne działanie wszystkich ich cząstek; chcielibyśmy tylko objaśnić ruch i działanie części głównych, które popychają skazówki po cyferblacie.

Zegary stałe. Tak nazywamy zegary, które się z miejsca nie poruszają nigdy, jak np. zegary wieżowe, umieszczane na budynkach publicznych i t. p. Motorem u takich zegarów jest waga P (fig. 28), zawieszona na końcu sznura, okręconego pewną liczbę razy na powierzchni poziome-

go walca A. Walec ten obraca się na swojej osi i nabiera ruchu obrotowego pod działaniem ciężaru czyli wagi P, która ciągnie na dół, w skutek siły ciężkości. Ten ruch obrotowy udziela się dwóm skazówkom, zapomocą koła zębatego B, osadzonego na walcu A, który zapomocą odpowiednio urządzonego systemu kółek zębatych, obraca kółko zębate CC', a nareszcie koło rozpędowe umieszczone na wierzchu.

Kółka zegaru wprawione w ten sposób w ruch przez motor, obracałyby się bez ustanku ale niejednostajnie, to jest skazówki którym ruch ten się udziela nie przebiegałyby jednakich przestrzeni w jednakich ustępach czasu, a to wskutek nierówności tarcia się rozmaitych kółek. Trzeba zatem tej niejednostajności zaradzić. Osiąga się to zapomocą przyrządu oscyllującego regularnie, który za każdą oscyllacyą czyli wahnięciem, zatrzymuje całkowicie, w równych odstępach czasu, działanie motora. Otrzymuje się tym sposobem ruch urywany peryodycznie, jednostajny,—a przyrząd ów oscyllujący zowie się *regulatorem.*

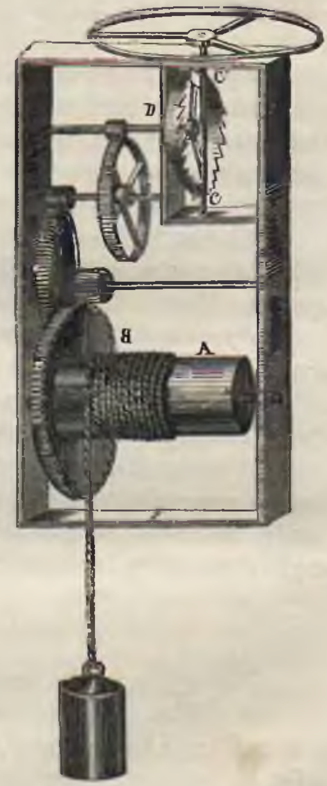


Fig. 28.

W zegarach stałych regulatorem zwykle jest wahadło, *pendułem* także zwane. Przy odpowiednio zastosowanej długości swojej, wahadło robi na sekundę jedno wahnięcie i służy do wskazania na zegarowej tarczy tego podziału czasu.

Przyrządy, zapomocą których wahadło zatrzymuje co sekundę ruch wywołany wagą, stanowią to co nazywamy *wychwytem* (échappement). Najużywańszym jest wychwyt tak zwany *ankrowy* t. j. kotwicowy, który tu opiszemy w krótkości.

Sztuczka *q n* (fig. 29) wyrobiona w kształcie kotwicy okrętowej, przytwierdzona na wahadle, odbywa wraz z niem ruch oscyllacyjny, naokoło poziomej osi zawieszenia A. Między dwoma kończynami tej kotwicy *q n*, znajduje się koło zębate *p m*, które motor zegarowy obraca. Zęby tego koła opierają się kolejno to na dolnej stronie jednej z kończyn ko-

twicy, to na górnej stronie kończyny drugiej, a kończyny te tak są wykrojone, że przez cały czas, przez który koło zatrzymane zostaje przez jednę z kończyn kotwicy, ząb ten pozostaje nieruchomym równie jak samo koło. Ruch staje się urywanym i jednostajnym, gdyż wprawiają go w działanie jedynie izochroniczne oscyllacye wahadła.

Ztąd widzimy, że skazówki zegarowe nie posuwają się po cyferblacie ciągle, ale ruchem urywanym, szarpiącym. Ale ponieważ za każdem szarpnięciem posuwają się o bardzo mały kawałeczek, wydaje się więc jak gdyby postępowały bez ustanku; przyjrzawszy się jednak bliżej, przekonamy się iż rzecz ma się inaczej.

Mało już dzisiaj jest zegarów poruszanych samą tylko wagą; większa część zegarów *pokojowych* i tak zwanych *ściennych*, oraz wszystkie zegarki kieszonkowe, poruszane są zapomocą sprężyny, utworzonej z cienkiej a długiej blaszki stalowej, zwiniętej w kształcie ślimacznicy, jak to pokazuje fig. 30.



Fig. 29.

Przypuśćmy, że wewnętrzny koniec sprężyny, ten który stanowi środek ślimacznicy, przytwierdzony jest do osi, mogącej się obracać dokoła siebie, a koniec zewnętrzny przytwierdzony do punktu jakiegoś nieruchomego; cóż się tedy stanie, gdy oś tę zaczniemy kręcić zapomocą klucza? Oto linie ślimacznicy ściskać się będą coraz bardziej, opierając się jedna na drugiej i sprężyna zostanie *nakręconą*. Gdy następnie zostawimy oś samej sobie, cóż pocznie sprężyna? Będzie chciała odzyskać swoje położenie pierwotne, będzie się rozprężać, rozszerzać napowrót swoje ślimacznicy, ale przez ten ruch właśnie, pochodzący od jej sprężystości, nada ruch obrotowy osi do której jest przytwierdzoną.



Fig. 30.

Oto cała tajemnica działania sprężyny.

Ale czyż działanie sprężyny jest stałe, ciągle jednakie, tak jak działanie wagi? Nie. Siła sprężyny zmniejsza się bezustannie od chwili w której zaczyna działać, aż do chwili w której pierwotną formę swoją odzyska. Wynaleziono jednak sposób na zaradzenie tej niejednostajności.

Sprężyna umieszczoną zostaje w puszce okrągłej A, podobnej do bębenka (fig. 31). Na zewnętrznej powierzchni tego bębenka okręcony jest łańcuszek stalowy, który obwinąwszy się kilka razy na nim, nawija się następnie na drugi bębenek stożkowaty, mający na sobie rodzaj wyżłobienia idącego w kształcie ślimacznicy, na której zwoje właśnie nawija się łańcuszek, a który zowią też *ślimakiem.*

Gdy sprężyna jest nakręconą, łańcuszek owinięty jest cały na owej ślimacznicy; ale w miarę jak sprężyna się rozkręca, obraca bębenkiem w którym jest umieszczona, a zarazem obraca i ową ślimacznicę zapomocą łańcuszka, który je łączy, i który odkręca się ze ślimacznicy, a nawija na bębenek. Wiemy już, że siła sprężyny działającej na łańcuszek zmniejsza się w miarę jak ona się coraz bardziej rozkręca; ale jak zobaczymy, siła ta zmniejszająca się z jednej strony, zwiększa się z drugiej, tak iż różnice te znoszą się wzajemnie i działanie sprężyny pozostaje ciągle równe, jednakie. Dzieje się to w sposób następujący:



Fig. 31.

W miarę jak sprężyna się rozkręca i traci coraz więcej siły, poczyna działać na coraz większe promienie zwojów ślimaka, a siła jej wzrasta przez to tak, iż równowaga zostaje przywróconą. Jeżeli prawdą jest, że sprężyna w chwili gdy się zaczyna rozkręcać posiada taką siłę, że mogłaby obracać kółka z wielką szybkością, prawdą też jest, że w chwili tej działa ona na wierzchołek ślimaka, a więc najmniejszemi promieniami, i że przez to siła jej zmniejsza się znacznie. Siła więc równoważąca tego przyrządu pochodzi ztąd, że sprężyna działa na ślimaka na końcu coraz to dłuższego ramienia drążka, w miarę jak coraz bardziej się rozkręca.

Ruch regularny, uzyskany dzięki temu dowcipnemu pomysłowi, udziela się skazówkom na cyferblacie zapomocą kółka, które ślimak obrotem swoim porusza.

Zegarki kieszonkowe. Siłą poruszającą zegarki kieszonkowe jest sprężyna, podobna do tej jaką przedstawia fig. 30. Działanie tej sprężyny reguluje się zapomocą ślimaka i bębenka (fig. 31). Ale w zegarkach kieszonkowych, jako przenośnych, nie można było użyć do regulowania ruchu motora tego samego przyrządu, co w zegarach stałych, ściennych i pokojowych. Trzeba więc było w miejsce wahadła wynaleźć jakiś inny mechanizm, któryby, nadając się do natury zegarka kieszonkowego, czynił ruch motora izochronicznym zupełnie. Taki regulator wynalazł Huygens.

Przyrząd ten składa się z kółka poruszającego się na osi pionowej, i ze sprężyny ślimakowatej, podobnej do sprężyny nadającej ruch zegarkowi, tylko daleko mniejsze mającej rozmiary, i ztąd niekiedy *włoskiem* zwanej. Wewnętrzny jej koniec przytwierdzony jest do osi kółka pionowej, a drugi koniec do jednej z płyt w zegarku. Gdy się kółko obróci wskutek nakręcenia sprężyny kluczem, mała ślimacznica traci swój kształt pierwotny, ale dzięki swej elastyczności usiłuje do niego powrócić i pociąga za sobą kółko. Otrzymawszy w ten sposób popęd, kółko nie zatrzymuje się w tem pierwszem położeniu; nabrawszy pewnej chyżości, usiłuje obracać się dalej w tym samym kierunku, podczas gdy sprężynka wróciła już do kształtu w jakim była w chwili równowagi; sprężynka więc traci znów ten kształt w kierunku przeciwnym, opiera się coraz bardziej ruchowi kółka i zatrzymuje je w końcu, a działając nań dalej, sprowadza je do pierwotnego położenia; ale kółko, w skutek nabytej chyżości, przechodzi znów po za to położenie, i tak dalej.



Fig. 32.

Kółko to więc oscylluje w jednę i drugą stronę poza swoje pierwotne położenie, tak jak wahadło oscylluje w jednę i drugą stronę swego położenia prostopadłego. Sprawia więc w zegarku kieszonkowym ten sam skutek regulujący czyli izochroniczny, jaki sprawia wahadło w zegarach stałych: reguluje ruch motora i czyni działanie jego jednostajnem. To co w tych zegarach sprawia ciężkość, w zegarku kieszonkowym wywołuje elastyczność sprężynki czyli włoska.

Osobny mechanizm, zarówno w zegarach stałych jak przenośnych, łączy regulatora z systemem trzech kółek zębatych, które mają rozmiary odpowiednie do tego, aby skazówki które od nich ruch otrzymują, wskazywały na cyferblacie godziny, minuty i sekundy.

Do wybijania godzin, w zegarach stałych, ściennych i pokojowych, służy sprężyna, która wprawia w ruch młotek, uderzający w oznaczonej chwili o dzwonek metalowy, głośny.

Takie są główne przyrządy mechaniczne, służące do dokładnego mierzenia czasu w zegarach wielkich, pokojowych i kieszonkowych.

Bywają zegary niezmiernie skomplikowane, które oprócz godzin wskazują z równą dokładnością i dłuższe peryody czasu, miesiące, lata, a

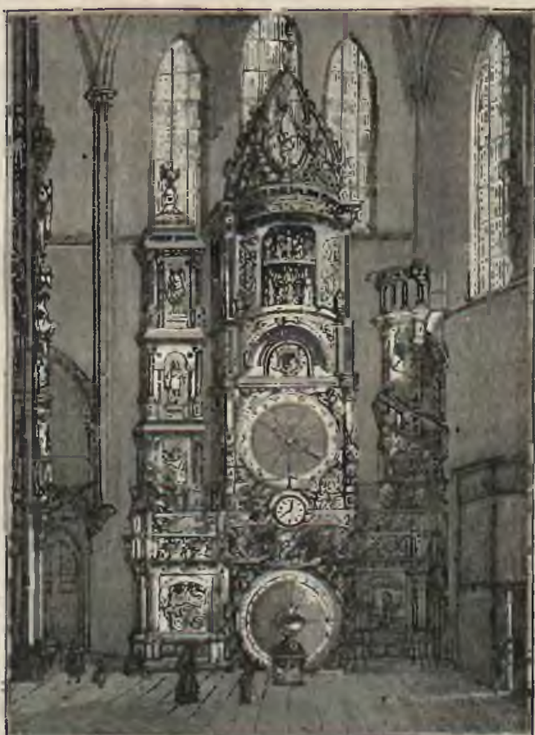


Fig. 33. Zegar Strassburgski.

przytem różne uroczystości i dni poświęcone rozmaitym obrządkom religijnym. Inne zegary, jeszcze bardziej skomplikowane, wymierzają nie tylko czas obiegu ziemi w przestrzeni, ale i ruch innych wielkich planet, Merkurego, Jowisza, Wenery i t. d. Zwiastują też zaćmienia i inne objawy astronomiczne. Zdarzają się w tym rodzaju prawdziwie pomnikowe dzieła, godne zaiste podziwu. Takiem dziełem jest naprzykład zegar w katedrze strasburgskiej, utwór wytrwałej cierpliwości i wielkiej biegłości w mechanice.

Słynny zegar w katedrze strasburgskiej, ukończony po raz pierwszy w r. 1574 przez Izaaka Hobrech, który całe życie na dokonanie tego dzieła poświęcił, uległ następnie zniszczeniu. Olbrzymi postument, w którym mieścił się mechanizm, budził podziw znawców jako arcydzieło sztuki snycerskiej i to było powodem, że znakomity matematyk i mechanik, Schwilgue, otrzymał od rządu francuzkiego polecenie naprawy tego zegara. Naprawa wszelako okazała się niemożliwą i Schwilgue zbudował mechanizm całkiem nowy, zastosowany tylko do rozmiarów dawnego postumentu. Zegar teraźniejszy, ukończony w r. 1842, zawiera mnóstwo szczegółów, odnoszących się do podziału czasu: tarczę, wskazującą godziny; kalendarz wieczny ze świętami ruchomemi; tak zwany komput kościelny z oznaczeniem wszystkich zmian, w ciągu roku przypadających; tarczę, wskazującą czas trwania obiegu wszystkich planet widzialnych gołem okiem; tarczę obrotu i zmian księżyca, tudzież zaćmień księżyca i słońca; czas średni i czas słoneczny; glob niebieski, wskazujący wyprzedzanie punktów równonocnych i t. d. i t. d. Nad tarczą właściwego zegara umieszczony jest aniołek, który pałeczką trzymaną w ręku uderza godziny, kwadranse zaś wydzwaniają kolejno wchodzące figurki: dziecię, młodzieniec, człowiek dojrzały i starzec. Powyżej we wgłębieniu, znajduje się postać Chrystusa w siedzącej postawie, a nad niszą jest umieszczony kogut, który swem pianiem zwiastuje dwunastą godzinę w południe, i wtedy wchodzą po kolei wszyscy apostołowie, nachylają głowy przed Chrystusem, a on podnosi rękę i każdego błogosławi. Na końcu zjawia się Judasz: Chrystus opuszcza dłoń, a przeniewierca odwraca głowę, jakby zawstydzony i oddala się powoli. Z nadejściem Nowego Roku, o dwunastej w nocy, cały mechanizm zmienia się i sam z siebie nastawia na cały rok następny: święta ruchome, odmiany księżyca, zaćmienia i t. d. wszystko to w jednej chwili zajmuje właściwe miejsce. To arcydzieło cierpliwości i mechaniki kosztowało autora niemal całe życie pracy: kilkanaście lat zajęły obliczenia, a samo urządzenie mechanizmu trwało cztery lata. Przez ten cały czas, Schwilgue pobierał płacę od rządu francuzkiego, zwalniającą go od troski o chleb powszedni; po ukończeniu zaś dzieła otrzymał znaczne wynagrodzenie i pensyę dożywotnią.

Nim zakończymy rzecz o zegarmistrzowstwie, zaznaczyć jeszcze musimy ostatni postęp w tym kunszcie, to jest zastosowanie elektryczności do przyrządów czas mierzących.

Jestto jeden z najcelniejszych cudów umiejętności w naszej epoce, to ujarzmienie na posługi ludzkie w zegarze siły elektrycznej, zapomocą której można dokazać tego, że wszystkie zegary w jednym domu, w jednej

fabryce, w jednem mieście wreszcie, zupełnie jednako czas wskazywać będą.

Przy użyciu jednego zegara regulującego (regulatora), można teraz na wielkie odległości wskazywać godziny, minuty, sekundy. Cyferblaty, połączone ze sobą drutem stosu Wolty, wychodzącym z regulatora, powtarzają, niby zwierciadła, ruchy wskazówek na tym zegarze. Zapomocą niewidzialnych przewodów, można szerzyć świadomość danej chwili w czasie, tak jak się szerzy światło albo woda podziemnemi kanałami.

Jakim to dzieje się sposobem, postaramy się opowiedzieć.

Jak to widzieliśmy, zegar redukuje się właściwie do dwóch części zasadniczych: do *sprężyny* i do *wahadła* albo *kółka rozpędowego*, które jednostajnością swego ruchu przeznaczone jest do regulowania działania sprężyny. Zasadą zegaru elektrycznego jest: przekazanie na odległość podziałów czasu, przez przeniesienie do jakiegoś punktu oddalonego każdej oscyllacyi wahadła. Ale jak tu sobie począć, aby w pewnej odległości powtórzyć chód zegaru?

Oto tak: Na obu kończynach wahnięcia rozpędowego koła albo wahadła zegarowego, umieszcza się dwie małe blaszki metalowe, których wahadło dotyka po kolei przy każdej ze swoich oscyllacyj peryodycznych. Każda z tych małych blaszek przytwierdzona jest do końców druta od stosu galwanicznego, tak, że gdy połączymy między sobą jakim przewodnikiem te dwie blaszki, tworzy się prąd elektryczny, który przebiega po całym drucie i przez zegar.

To połączenie następuje oczywiście za każdym razem, ilekroć wahadło zegara, złożone z części metalowych, zetknie się z małemi blaszkami metalowemi, które, utwierdzone na kończynach jego wahnięć, połączone są z drutem idącym od stosu. Powstały w skutek tego zetknięcia wahadła z blaszkami prąd przerwany zostaje za każdym razem, gdy wahadło przy oscyllacyi swojej zmieni położenie, t. j. oddali się od blaszki. Tak więc za każdem wahnięciem następuje z kolei wywołanie i przerwanie prądu galwanicznego. Jeżeli tedy ów drut od stosu, idący od regulatora (zegara głównego), połączony zostanie, bez względu na odległość, z prostym cyferblatem, bez żadnego mechanizmu, zaopatrzonym jedynie w skazówki, i gdy drut ten okręci się po za cyferblatem naokoło małego elektromagnesu, który naładowany elektrycznością, zdoła przyciągnąć do siebie małą blaszkę żelazną, to jest *ładunek*, umieszczony naprost niego, oto co stać się musi: Gdy wahadło zegara głównego (regulatora) w oscyllacyi swojej utworzy prąd elektryczny, który przechodzi przez oba cyferblaty,

elektro-magnes oddalonego cyferblatu stając się czynnym, przyciąga mały ładunek znajdujący się naprost niego. Ładunek ten, wprawiony w ruch tym sposobem, zapomocą małego odpowiedniego mechanizmu popycha koło będące w związku ze skazówkami i poruszając to koło, porusza również skazówki na cyferblacie. Gdy znów druga oscyllacya przerwie ten prąd elektryczny, elektro-magnes cyferblatu oddalonego, nie otrzymując płynu elektrycznego, wpada w bezwładność; ładunek jego, odepchnięty delikatną sprężynką, wraca na miejsce swoje pierwotne, a tem samem i skazówki pozostają bez ruchu, dopóki w następnej oscyllacyi przywrócony prąd, w sposób wyżej opowiedziany nie posunie ich znów dalej na cyferblacie.

W powyższym opisie przypuszczaliśmy, że regulator pozostaje w związku z jednym tylko cyferblatem; ale widoczną jest rzeczą, że to co się dało zastosować do jednego, da się również zastosować do jakiejkolwiek bądź liczby cyferblatów, z tem tylko zastrzeżeniem, że odpowiednio do tej liczby trzeba wzmocnić siłę stosu galwanicznego.

Widzimy zatem, że zapomocą jednego zegara można wprawić w ruch skazówki pewnej liczby cyferblatów umieszczonych w oddaleniu, które wskazywać będą podział czasu zgodnie między sobą i zgodnie z owym zegarem głównym.

Zważywszy dobrze powyższe objaśnienie, przyjdziemy do przekonania, że zegar elektryczny jest tylko dowcipnem zastosowaniem telegrafu elektrycznego. Ten sam sposób, który służy do kreślenia znaczków w pewnej odległości zapomocą telegrafu elektrycznego, pozwala również telegrafować czas, to jest wskazywać jego podziały. Przy telegrafie elektrycznym Morse'a, ręka telegrafisty, tworząc i przerywając prąd elektryczny na jednej stacyi, wprawia w działanie elektro-magnes na stacyi drugiej, mimo dzielącej je odległości. W zegarze elektrycznym, wahadło zegarowe zastępuje rękę telegrafisty, tworząc i przerywając oscyllacyami swemi prąd elektryczny w równych odstępach czasu.

To piękne zastosowanie telegrafu elektrycznego wprowadzone zostało w życie po raz pierwszy w r. 1839 przez fizyka monachijskiego, p. Steinheil'a. W r. 1840 p. Wheatstone zbudował w Londynie zegar elektryczny, oparty na wyżej wyłożonej zasadzie.

Pierwszą próbę praktyczną zastosowania zegaru elektrycznego w wielkiem mieście zrobiono w Lipsku, w r. 1850. Dokonał jej p. Storer, mechanik, wspólnie z zegarmistrzem tamecznym p. Scholle.

Zegary elektryczne poczynają się upowszechniać w niektórych miastach europejskich, chociaż nie zdołano jeszcze przezwyciężyć całkowicie

trudności, nastręczających się przy urządzaniu znacznej liczby cyferblatów i umieszczaniu ich w znacznej od siebie odległości.

Tak np. elektryczne urządzenie zegarów oddawna już zaprowadzone jest w Gandawie, w Belgii; cyferblaty elektryczne, w liczbie przeszło stu, poumieszczane tam są w latarniach gazowych. W r. 1856 zaprowadzono również, w taki sam sposób, pewną liczbę zegarów elektrycznych w Marsylii.

We Francyi na wielu dworcach kolei żelaznych znajdujemy zastosowany system zegarów elektrycznych.

Ogólnemu upowszechnienieniu tych zegarów stoją jeszcze pewne trudności na drodze,—ale nowe ulepszenia zaprowadzone w ich mechanizmie, pozwolą zapewne niedługo wprowadzić w powszechne, codzienne użycie, ten tak piękny i zadziwiający wynalazek.

VII.

Szkło.

Szkło u Fenicyan, Egipcyan, Greków i Rzymian.— Części składowe szkła.— Szkło taflowe, butelkowe i kryształ.

Szkło znane było na świecie od najdawniejszych czasów. W wielu dziełach czytamy, że szkło odkryli przypadkiem Fenicyanie. Kupcy handlujący *natronem* (sodą, czyli mówiąc ściśle węglanem sody) mieli pierwsi natrafić na ten wynalazek, gotując sobie pożywienie na wybrzeżu pokrytem piaskiem krzemienistym, obok brył natronu, wskutek czego miało się wytworzyć szkło, które bywa krzemianem sody.

Cała ta historya jest czystym wymysłem. Nie ulega wątpliwości, że szkło znane już było znacznie wcześniej przed pojawieniem się Fenicyan, a użycie jego odnieść można do pierwotnej epoki ludzkości, to jest do okresu żelaznego.

Nikogo więc zapewne dziwić nie będzie, jeżeli powiemy, że już w najgłębszej starożytności Egipcyanie znali sztukę wyrabiania szkła białego i kolorowego, wyrzynania go i złocenia. Dowodzą tego szklanne ozdoby, któremi przystrojone są mnogie mumie znajdowane w tebańskich i memfiskich katakumbach.

Na 370 lat przed Chr. istniały huty szklanne nad ujściem rzeki Belos w Fenicyi. Wyrabiane w nich szkło wysyłano później okrętami z Tyru do Grecyi i Egiptu.

Rzymianie znali szkło na dwa przeszło wieki przed Chrystusem. Pliniuszowi zawdzięczamy ciekawe szczegóły o sposobie wyrabiania go w hutach starożytnych. Za jego czasów zaczęły powstawać huty szklanne w Gallii i Hiszpanii. Na 230 lat przed Chr., za Aleksandra Sewera, tak się szklarzy w Rzymie namnożyło, że im w osobnej dzielnicy zamieszkać kazano.

Z tego co się powiedziało wyżej o znajomości szkła u starożytnych, wytłómaczyć sobie łatwo dla czego w starożytnych grobowcach egipskich, włoskich, niemieckich i francuzkich znachodzą się naczynia i flaszeczki szklanne.

Pierwsze huty szklanne w Europie za czasów nowszych powstały w Byzancyum (Konstantynopolu). W X w. robotnicy byzantyńscy na całą Europę rozsyłali swoje szklanne wyroby.

Po zdobyciu Konstantynopola, w r. 1203, szklarze byzantyńscy przenieśli się do Wenecyi.

W XIII w. Wenecyanie wynaleźli sposób podlewania szyb szklannych i całą Europę zaopatrywali w zwierciadła podlewane. Starożytni nie znali sztuki podlewania zwierciadeł; ich zwierciadła były poprostu blachami srebrnemi doskonale wypolerowanemi; wyrabiali je też i z innych kruszców nieulegających z łatwością utlenieniu.

Wenecyanie zyskali wielki rozgłos podziwienia godną sztuką, z jaką przyrządzali i zdobili szkło, wyrabiając z niego najrozmaitszego rodzaju wykwintne i cenne naczynia.

Około XVI w. sztuka wyrabiania szkła przeszła z Wenecyi do Niemiec. Szkła kolorowe, wyrabiane w Czechach, stanowiły odrębną specyalność w tej gałęzi przemysłu.

Sztuka wyrzynania czyli rznięcia szkła, przeobrażająca je w przedmioty służące do ozdoby, miała być wynaleziona w r. 1612 przez artystę niemca, nazwiskiem Kacper Lehmann. Sztuka jednak polerowania i zdobienia szkła znana już była i starożytnym, Pliniusz bowiem mówi o pewnych sposobach rznięcia na szkle, używanych za jego czasów.

Kryształ, najdroższy gatunek szkła, jest wynalazkiem nowych już czasów. Zaczęto go wyrabiać najprzód w Anglii, w w. XVII.

* * *

Gdy się w rozpalonym do czerwoności tyglu stopi mięszaninę złożoną z krzemionki (czystego piasku) i tlenku jednego z metali należących do grupy alkaliów lub ziem alkalicznych (potasu, sodu, wapnia, glinu), zmięszanych z sobą w odpowiednim stosunku, wówczas krzemionka, łącząc się z tlenkiem metalicznym, wytwarza mięszaninę rozmaitych krzemianów, a mianowicie krzemianów potażu, sody, wapna i t. d. Krzemiany te, każdy z osobna lub zmięszane, to jest wynik połączenia się krzemionki z sodą, potażem, wapnem lub gliną, stanowią zatem, w ogólności, produkt znany pod nazwą *szkła.*

Zmieniając naturę i stosunek części składowych szkła, otrzymuje się rozmaite odmiany szkła, znane i używane w przemyśle, a mianowicie:

Szkło taflowe, złożone z krzemionki, sody i wapna.

Szkło butelkowe, złożone z krzemionki, sody (albo potażu), wapna, gliny i tlenku żelaza.

Szkło czeskie, złożone z krzemionki, potażu i wapna.

Crown-glass (szkło koronne), którego skład jest prawie taki sam jak poprzedniego.

Kryształ, utworzony z krzemionki, potażu i tlenku ołowiu.

Flint-glass, który jest kryształem, zawierającym więcej ołowiu niż poprzedzający.

Strass, kryształ jeszcze więcej mający w sobie ołowiu niż flintglass.



Fig. 34.

My tutaj mówić będziemy tylko o szkle taflowem, butelkowem i o krysztale.

Szkło taflowe. Szkła bezbarwne, zwyczajne, używane na naczynia kredensowe, szyby i lustra, robią się z mięszaniny krzemionki z wapnem, potażem lub sodą. Szkło białe lepszych gatunków wyrabia się z czystego piasku, z kredy białej i z węglanu sody.

Piec szklarski składa się ze środkowego ogniska i z dwóch oddziałów pobocznych, w których ustawia się wyrobione przedmioty, aby zwolna wystygały.

Fig. 34 przedstawia przekrój takiego pieca. W środku jest ognisko, po bokach oddziały do ochładzania wyrobów szklannych.

Materyały przeznaczone na szkło, to jest piasek i węglany potażu i wapna, nakładają się w tygle ustawione w środku pieca, jak to widzimy na fig. 34. Materyały te topiąc się, wydają szkło. Produkt ten, utrzymywany w stanie płynnym gorącem pieca, urabia się następnie w rozmaite kształty, sposobami które tutaj opiszemy.

Piszczel, główne narzędzie robotnika w hucie szklannej, jest to rurka żelazna, opatrzona w rękojeść drewnianą.

W celu otrzymania szyby szklannej, robotnik w ten sposób używa tego narzędzia:

Najprzód zanurza je w tyglu zawierającym szkło płynne, i nabrawszy pewną jego ilość, wydyma z niego niewielką grubą gruszkę, jak na fig. 35. Dmuchając dalej, powiększa rozmiary massy szklannej i nadaje jej kształt oznaczony na fig. 36. Kręcąc nią następnie i wahając w rozmaity sposób, nadaje jej postać podłużno-jajowatą, taką jak widzimy na fig. 37. Potem ucina szybko dolny jej koniec nożyczkami, wtedy gdy jeszcze jest dostatecznie miękką, a następnie oddziela ją od piszczela, puszczając na nią kroplę wody w miejscu, w którem się piszczela trzyma i przykładając natychmiast potem drut do czer-



Fig. 35.



Fig. 36.

woności rozpalony, który odrzyna ją czysto i bezzwłocznie. Potem przekrawa ten walec wzdłuż, poprowadziwszy naprzód na nim kreskę zimną wodą, a następnie pociągając po niej sztyftem żelaznym do czerwoności rozpalonym, jak to widzimy na fig. 38. Tak rozcięty walec wkłada znów do innego pieca, zwanego *wygrzewaczem*.

Piec ten, który przedstawia fig. 39, przeznaczony jest na to, aby szkłu nadać znów pewien stopień gorąca, który utraciło podczas poprzednich manipulacyj. Gdy walec dostatecznie rozmięknie w piecu, robotnik

uzbrojony w linią, rozchyla zagięte brzegi cylindra na prawo i na lewo (fig. 40), a potem przesuwając szybko po powierzchni szkła pewnym rodzajem gracy drewnianej, rozciąga płytę szklanną zupełnie płasko (fig. 41). Następnie idzie ta płyta jeszcze raz w piec, poczem wystyga zwolna,— i szyba jest zupełnie gotową.

Szyby zwierciadlane wyrabiają się z takiego samego szkła jak szyby zwykłe, tylko bardzo czystego, które wylewa się na stół z żelaza lanego wypolerowanego.



Fig. 37.



Fig. 38.

Ogromny walec ugniata następnie tę massę szkła miękkiego jak ciasto, i nadaje mu powierzchnią zupełnie gładką. Takie lane tafle idą znów w piec gorący, gdzie później stygną nadzwyczaj wolno.

Ażeby z takiej szyby zrobić lustro, trzeba jeszcze tylko pokryć ją warstewką cyny. W tym celu kładzie się na szybę blacha cynowa pokryta warstewką rtęci płynnej i przyciska się ją ciężarami. Cyna i rtęć amalgamują się ze sobą i przylegają do szkła, nadając mu w wysokim stopniu własność odbijania w sobie przedmiotów.



Fig. 39.

Szkło butelkowe. Na szkło butelkowe czyli czarne, bierze się piasek ochrowy, ponieważ tlenek żelaza w znacznej ilości w nim się znajdujący, czyni szkło topliwszem. Dodaje się doń sody nieczyszczonej, popiołów drzewnych i znaczną ilość kawałków szkła z butelek.

Piec do szkła butelkowego mieści w sobie zwykle sześć wielkich tyglów, które się napełnia mięszaniną i rozgrzewa się przez siedem do ośmiu godzin.

Chcąc zrobić butelkę, jeden z robotników zanurza piszczel kilka razy w szkle roztopionem, aż dopóki nie nabierze go tyle, ile potrzeba na butelkę, a za każdym razem obraca ją bezustannie w rękach. Następnie drugi robotnik bierze dmuchawkę, opiera szkło na płycie żelaznej, kręcąc piszczelem dla ukształtowania otworu, potem dmucha w rurkę i nadaje szkłu postać jaja. Następnie formuje szyjkę butelki, odgrzewa szkło i znowu dmucha, włożywszy przód szkło w formę bronzową, która mu nadaje kształt i rozmiary żądane. Dla uformowania dna butelki przyciska jeden z rogów prostokątnej blaszki do środka podstawy butelki i obraca piszczelem.



Fig. 40.



Fig. 41.

Wtedy wypada już tylko oddzielić butelkę od piszczela i dać sznurek szklanny dokoła otworu (fig. 43). Następnie butelki idą znowu w piec i tam stygną powoli.

Rurki szklanne robią w sposób zupełnie podobny do poprzedniego a polegający na nadzwyczajnej ciągłości, jaką posiada szkło w stanie rozmiękczenia przez gorąco. Dla otrzymania owych długich rurek szklannych, które w laboratoryach chemicznych służą do przeprowadzania gazów, do składania rozmaitych przyrządów i t. p. robotnik bierze pewną ilość szkła i wydyma je w kulę, podobnie jak to widzimy na fig. 35. Następnie drugi robotnik chwytając na drut żelazny drugi koniec wydmuchanej massy szklannej i miękkiej jeszcze od gorąca, odsuwa się coraz dalej, cofając się w tył. W ten sposób wydłuża massę szklanną, która będąc wewnątrz pustą, tworzy w końcu długą rurkę. Pozostaje już tylko obciąć ją z obu końców, a będzie zupełnie gotową.



Fig. 42. Wnętrze huty szklannej.

Wielką ciągłość szkła spożytkowano jeszcze w ten sposób, że wyciągają je na nici tak cienkie jak jedwab, a z nici tych wyrabiają rozmaite tkaniny.

Kryształ. Kryształ tem się różni od szkła, że zawiera pewną ilość tlenku ołowiu w postaci krzemianu, który nie wchodzi w skład szkła zwyczajnego. Promienie światła łamią się w niem daleko silniej niż w szkle zwyczajnem. Nareszcie, podczas gdy szkło jest twarde i kruche, kryształ przeciwnie daje się obrabiać z największą łatwością, szlifować zapomocą koła stalowego i przyjmuje w ten sposób wszelkie kształty ozdobne. To połączenie tak cennych przymiotów czyni kryształ odpowiednim do najrozmaitszych użytków i stanowi jego wyższość nad szkłem zwyczajnem.



Fig. 43.

Minia, czyli czerwony tlenek ołowiu jest związkiem chemicznym, służącym do przyrządzania rozmaitych odmian kryształu. Kryształ najpospolitszy otrzymuje się przez stopienie razem, w tyglu, czystego piasku, minii i węglanu potażu oczyszczonego.

Jedna z odmian kryształu, bardzo twarda, mocno załamująca światło, a przy stosownem obrobieniu wielce naśladująca dyament, zowie się *strass*'em. Zabarwiając ją tlenkami metalów, otrzymujemy sztuczne drogie kamienie.

Szkło używane na soczewki do narzędzi optycznych, zowie się *szkłem koronnem* (crown-glass), będącem kompozycyą mającą podobieństwo do szkła taflowego i do flintglassu, który jest prawdziwym kryształem.

VIII.

Porcelana i wyroby garncarskie.

Materyał na wyroby garncarskie. — Cegły.— Wyroby garncarskie pospolite. — Krążek garncarski.—Naczynia greckie i etruskie.— Fajans.— Historya wyrobów fajansowych.— Porcelana.— Historya porcelany.— Przyrządzanie porcelany.— Kształtowanie i odlewanie wyrobów porcelanowych. — Polewa czyli glazura. — Wypalanie. — Malowanie i złocenie porcelany.

Gliną nazywamy naturalne połączenia krzemionki z glinem. Gliny, które tam gdzie się w ziemi napotykają, tworzą pokłady poziome lub pochyłe, wywierają znaczny wpływ na obieg wód podziemnych; wody te bowiem zatrzymują się na ich powierzchni. Tym sposobem w wnętrzu ziemi tworzą się massy wodne, do których gdy dotrze olbrzymi świder z wierzchu ziemi zapuszczony, tworzą się studnie artezyjskie.

Gliny charakteryzuje to, iż w dotknięciu są jakoby tłustemi, oraz własność, mocą której, rozmiękczone wodą, tworzą rodzaj papki miękkiej i ciągłej, która da się równać i gładzić pod palcem, a zarazem może przybierać wszelakie kształty.

Drugą niemniej ważną cechą gliny jest to, że wystawiona na działanie silnego ognia, traci wszystkie powyżej wyliczone własności, staje się nieprzenikliwą względem wody i innych płynów i nabiera takiej twardości, że uderzana krzesiwem, iskry wydaje.

Użycie gliny na wyroby garncarskie polega na tej nadzwyczajnej zmianie, jaką w niej gorąco wywołuje. Wszystkie wyroby garncarskie, bez względu na ich wartość, począwszy od porcelany aż do najlichszych naczyń kuchennych, przyrządzane są z massy złożonej przeważnie z ziemi gliniastej urabiancj i wypalanej następnie w wysokiej temperaturze. Wypalenie to czyni glinę twardą, nieprzenikliwą i nieprzystępną dla większej części odczynników chemicznych.

Wyroby zatem garncarskie, tak liczne i tak rozmaite, służące do tylu użytków, zarówno w sztukach jak w gospodarstwie domowem, różnią się między sobą jedynie czystością gliny na ich wyrób użytej.

Pomówimy tu z kolei o wyrobach garncarskich pospolitych, o fajansie i o porcelanie.

Cegły i wyroby garncarskie pospolite. Pierwszym przedmiotem, jaki człowiek nauczył się wyrabiać z gliny wypalanej, są cegły.

Cegły wyrabiają się z gliny ordynaryjnej, takiej jaką napotykamy w bardzo wielu miejscach. Glina przed użyciem zwykle gnoi się przez siedem do ośmiu miesięcy, co ją czyni podatniejszą i plastyczniejszą. Na-



Fig. 44. Krążek garncarski.

miesiwszy z takiej ziemi gliniastej miękkiej papki, nadaje się jej kształt cegieł. Urabia się je w ręce albo też w czworograniastych formach drewnianych, osypanych piaskiem. Wypala się cegły w stosach, w które się je ustawia, pozostawiając tu i owdzie miejsca na materyał palny. Wypalają je także w piecach, zwanych *ceglanemi* lub *ceglarskiemi.*

Cegły wypalone, czerwony kolor który przybierają, zawdzięczają zawartemu w nich tlenkowi żelaza.

Garnki, doniczki na kwiaty, miski i tym podobne naczynia do codziennego użytku, wyrabiają się z gliny garncarskiej pospolitej.

Wyroby garncarskie w ogólności urabiają na *krążku garncarskim.* Wypada nam zatem, zanim pójdziemy dalej, opisać to narzędzie, jedno z najstarożytniejszych w ludzkim przemyśle.

Krążek garncarski składa się z wielkiego kręgu drewnianego, któremu robotnik nogą nadaje ruch obrotowy. Drugi krążek, mniejszy, na którym leży przygotowany materyał, utwierdzony jest na górnej kończynie osi pionowej, na której osadzony jest również krąg niższy. Siedząc na ławce, robotnik na środku małego krążka kładzie pewną ilość gliny miękkiej i wilgotnej, a następnie obracając przyrząd nogą, urabia massę obudwoma rękami, nadając jej kształt jaki chce. Niema piękniejszego widoku jak przypatrywać się zręcznemu garncarzowi, nadającemu glinie z za-



Fig. 45.

dziwiającą szybkością kształty najrozmaitsze. Zdaje się że naczynie rodzi się, rośnie i kształtuje samo pod zręcznemi palcami robotnika.

Wyroby garncarskie greckie i wyroby kampańskie, niewłaściwie nazywane czasami *naczyniami etruskiemi*, należą do klassy wyrobów garncarskich pospolitych. Naczynia greckie są najpiękniejszemi okazami garncarstwa starożytnego; mają kształty czyste, proste i wytworne, które dzisiejsi fabrykanci starają się naśladować.

Fig. 45 przedstawia jedno z takich naczyń. Pokryte one są wszystkie polewą czyli szkliwem, cienkiem a mocno się trzymającem, czerwonem albo czarnem, zrobionem z krzemionki stopionej zapomocą jednego z alkaliów. Wypalano je w niskiej temperaturze.

Pod względem materyału, naczynia greckie i etruskie należą do najordynarniejszego rodzaju. Cudowne te naczynia, w których jaśnieje cały artystyczny geniusz Greków, wyrobione są z takiego samego materyału, jaki używany bywa na nasze najprostsze naczynia gospodarskie. Geniusz grecki nie dbał o materyą, mającą tłómaczyć jego natchnienia.

Fajans. Fajans wyrabiali najprzód Persowie i Arabowie. W Afryce Arabowie już w X wieku produkowali naczynia fajansowe. Ztamtąd sztuka ta przeszła do Hiszpanii. Pierwsze fabryki fajansu założyli na wyspach Balearskich robotnicy arabscy. Nazywano je *majolikami*, od imienia wyspy *Majorki*, na której istniały fabryki arabskie. Z wysp Balearskich sztuka wyrabiania fajansów, to jest wyrobów garncarskich okrytych emalią, której podstawę stanowi tlenek miedzi, przeszła do Włoch. Fig. 46 przedstawia wyrób fajansowy arabski.



Fig. 46.

Majoliki wyrabiano zrazu w Castel-Durante a następnie we Florencyi, pod kierunkiem braci Fontanów z Urbino.

Fabryki tego rodzaju powstały następnie we wszystkich miastach włoskich, a między innemi w Faenzy, od której później ten rodzaj naczyń przybrał nazwę. Mezerai jednak utrzymuje, że nazwa *fajans* pochodzi od miasteczka Faïence, leżącego w Prowancyi i słynnego z wyrabianych tam naczyń glinianych.

Franciszek I kazał założyć fabrykę fajansów tuż pod Paryżem; fabryka w Nevers powstała z polecenia Henryka IV w r. 1603.

Ale wróćmy do Włoch. W XVI wieku fabryki włoskie wyrabiały naczynia zbytkowne dla monarchów: były to fajanse rzeźbione i przecudnie malowane. Jednakże od r. 1560 wyroby te zaczęły się chylić do upadku; to co zrazu było sztuką, przeobraziło się w rzemiosło, garncarze zastąpili artystów. Tajemnica wyrabiania emalij pokrywających naczynia fajansowe, zaginęła w końcu nawet we Francyi, a w r. 1520 wnuk Łukasza della Robbia sprowadzony został dla ozdobienia w emaliowane tafle pałacu madryckiego w lasku bulońskim.

Bernard Palissy wsławił się wynalazkami swojemi w sztuce wyrabiania emalij rozmaicie zabarwionych i zastosowania ich do wyrobów fajansowych.

Znakomity ten człowiek urodził się w Agénois, około r. 1500. W młodości swojej uczył się malarstwa i miernictwa; ale główną jego zasługą jest to, że był garncarzem, *„ouvrier de terre,”* jak sam powiada. Po szesnastu latach usilnej pracy doszedł do tego, że zdołał wyrabiać owe przepyszne naczynia fajansowe emaliowane, które po dziś dzień są jeszcze bardzo poszukiwane, z powodu blasku swojej emalii i wytworności ornamentacyi.



Fig. 47. Fajans wyrobu Bernarda Palissy.

W swoim „Traktacie o wodach, wodotryskach, metalach, ziemiach, emaliach i t. d.” Bernard Palissy zostawił nam historyą swoich wynalazków. Opowiadanie to jest nadzwyczaj zajmujące. Czytając je, patrzymy niby na walkę człowieka uzbrojonego w ideę i silną wolę, borykającego się z zawiścią, zarzutami poziomych umysłów, nędzą, zniechęceniem i boleścią. Nieraz uginają go ciosy nieszczęścia, łamią niepowodzenia w pracy; ale niebawem dźwiga się i mówi do swego ducha: „Cóż cię zasmuca, jeżeli znalazłeś czego szukałeś? Pracuj teraz, a zawstydzisz twoich oszczerców.” Zresztą był on tak nieszczęśliwym, a cierpienia swoje opowiada stylem tak dobrodusznym i naiwnym a zarazem tak rzewnym, iż czytelnik czuje jak mu się serce ściska, a jednak uśmiech pozostaje mu na ustach.

Opowiada np., że po dziesięciu latach wysilającej pracy tak schudł iż ręce miał jak patyki, a nogi jego pozbyły się łydek zupełnie i stały się tak równemi wszędzie, iż zaledwie podwiązał sobie pończochy i zrobił kilka kroków, już podwiązki miał na piętach.... „Pogardzali mną i wyśmiewali się ze mnie wszyscy, — mówi w języku, którego my tutaj w przekładzie naśladować nie jesteśmy w stanie. — Nadzieja atoli jaką miałem tak mnie w moim zamiarze umacniała, że czasami, rozmawiając z osobami które mnie przyszły odwiedzić, usiłowałem się śmiać, chociaż w duszy



Fig. 48.

byłem bardzo smutny... Przez kilka lat było tak, że nie mając za co nakryć moich pieców, po całych nocach zostawałem na łasce deszczów i wiatrów, nie mając znikąd pomocy ani pociechy, z wyjątkiem puszczyków, które śpiewały z jednej strony, podczas gdy psy wyły z drugiej. Nieraz zdarzało się, że nie dbając na nic, nie mając na sobie nic suchego z powodu deszczów które spadły, szedłem spać o północy albo świcie, przystrojony jak człowiek, któregoby włóczono po wszystkich miejskich kałużach; a idąc tak, potykałem się bez świecy i padałem to na jednę, to na drugą stronę, jak człowiek pijany winem, — a byłem napełniony wielkim smutkiem!"

W drugiej części swego dzieła opowiada, że nieraz, gdy mu brakło drzewa do podsycania ognia w piecach fajansowych w celu stopienia emalii, kazał łamać i rzucać w ogień swoje sprzęty i wszystko cokolwiek zdatnego do spalenia znalazło się w chwili krytycznej pod ręką jego robotników.

Bernard Palissy był wyznania reformowanego, którego odstąpić nie chciał. W r. 1588 Henryk III kazał go osadzić w więzieniu, w którem też i umarł.

Wróćmy do wyrobu naczyń fajansowych.

Naczynia fajansowe powstają przez wypalenie w piecach massy glinianej czystej, z dodatkiem sproszkowanego krzemienia, jako materyi posiadającej własności bielenia massy garncarskiej.

Massa fajansowa jest więc gliną zmięszaną z krzemieniem. Jeśli jest czystą, pozostaje białą po wypaleniu, ale przybiera barwę czerwoną lub brunatną jeśli jest nieczystą. Fajans angielski robi się z massy która pozostaje białą po wypaleniu, gdyż zawiera w sobie znaczną ilość krzemienia zmełtego, który nie dozwala na zabarwienie się gliny palonej. Przeciwnie w fajansach francuskich massa po wypaleniu staje się kolorową.

Wszystkie fajanse muszą być powleczone pewnym werniksem, który nadaje naczyniom połysk i gładkość, jakich wymaga użycie ich do celów, do których są przeznaczone. Jeżeli massa jest biała po wypaleniu, jak np. w wybornych fajansach angielskich, w których znakomite ulepszenia zaprowadził Wedgwood między r. 1760 a 1770, a które odznaczają się massą białą, nieprzezroczystą a w składzie swoim miałką,—pokrywa się ją polewą przezroczystą, to jest poprostu szkłem, otrzymanem z mięszaniny piasku z tlenkiem ołowiu. Przez tę przezroczystą powłokę przegląda biały, matowy kolor massy. W przeciwnym razie, to jest gdy massa fajansowa ma kolor czerwonawy, trzeba jej dać powłokę nieprzezroczystą, dla zakrycia koloru massy. Ta powłoka nieprzeźroczysta jest emalią, to jest kombinacyą krzemionki z tlenkiem cyny.

Powlekanie naczyń fajansowych szkliwem odbywa się w sposób następujący: Materyał przeznaczony na powłokę należy sproszkować bardzo miałko,— a materyał ten, jak już powiedzieliśmy, składa się z emalii mającej za podstawę ołów. Proszek ten wsypuje się do wody, którą się mięsza tak, aby proszek utrzymać w stanie zawieszenia i w płynie tym zanurza się na małą chwilę naczynie już wypalone, a zatem bardzo porowate i do pochłaniania czyli absorbcyi zdolne. Wskutek tego nagłego zanurzenia, naczynie chłonie w siebie pewną część wody, która w nie wsiąka, a na powierzchni jego pozostaje cienka warstwa sproszkowanej emalii.

Gdy następnie naczynie wstawione znów zostanie w piec, woda zeń paruje; emalia, jako bardzo topliwa, topnieje w gorącu i tworzy na powierzchni naczynia powłokę, nieprzezroczystą albo przezroczystą, stosownie do natury użytych na nią materyałów.

Porcelana. Porcelana wyrabia się z osobnego gatunku gliny, zwanej *kaolinem*, który jest nadzwyczaj biały i czysty.

Sztuka wyrabiania porcelany istniała od niepamiętnych czasów w Chinach i w Japonii, gdzie znajdują się nader bogate pokłady kaolinu. Sławny pomnik chiński, znany pod nazwą *wieży porcelanowej*, który na nieszczęście uległ zniszczeniu podczas jednego z ostatnich wielkich powstań chińskich, najlepiej dowodzi, jak dalece porcelana w Chinach od najdawniejszych czasów była upowszechnioną.



Fig. 49.

Do Europy atoli dopiero w pierwszych latach XVII wieku podróżnicy wracający ze Wschodu przywieźli i dali poznać ten cenny wyrób ceramiczny. Natychmiast w rozmaitych stronach Europy zajęto się naśladowaniem i dochodzeniem składu i sposobu wyrabiania porcelany. Monarchowie poświęcali znaczne summy na ten cel, obiecujący zbogacić ich państwa, w razie gdyby został osiągniętym.

Fig. 49 i 50 przedstawiają wzory naczyń porcelanowych chińskich i japońskich.

W r. 1704, w Saksonii, niejaki Bötticher, po długich próbach prowadzonych kosztem elektora saskiego, odkrył sposób naśladowania chińskiej porcelany. Do tego tak ważnego odkrycia dopomógł mu pokład kaolinu, znaleziony w okolicy Aue. W r. 1707 elektor saski założył w Dreźnie pierwszą widzianą w Europie fabrykę porcelany.

Ciekawą i zajmującą historyą odkrycia sztuki wyrabiania porcelany, podajemy tutaj według innego dzieła L. Figuiera: „Alchemia i Alchemicy, studyum historyczne i krytyczne nad filozofią hermetyczną."

„Oddawna zajmowano się w Europie poszukiwaniem sposobu wyrabiania porcelany, na które Chiny i Japonia miały wyłączny przywilej, zachowując w tej mierze jak największą tajemnicę. W siedemnastym wieku nie szczędzono, z polecenia monarchów, usiłowań, w celu zbadania sztuki wyrabiania tych cennych naczyń, które wprawiały w podziw swoim po-

łyskiem, twardością i przeźroczystością. Elektor saski kierunek tych poszukiwań poruczył hrabiemu Ehrenfriedowi Waltherowi Tschirnhaus. Pod jego to nadzorem osadzono Böttichera z rozkazu elektora w fortecy Koenigstein, aby tam prowadził dalej swoje prace alchemiczne. Świadek prób hrabiego odnoszących się do wyrobu naczyń porcelanowych, adept nasz ujrzał się poniekąd zniewolonym do wzięcia udziału w jego pracach. Jako zdolny chemik i mineralog, otrzymał on niebawem zajmujące rezultaty poszukiwań w tym kierunku przedsięwziętych. Wtedy hrabia Tschirnhaus skłonił Böttichera do poświęcenia się wyłącznie rozwiązaniu tej zagadki przemysłowej, daleko ważniejszemu i donioślejszemu od tego, które-



Fig. 50.

go elektor po nim oczekiwał, to jest od rzekomego sztucznego wyrabiania złota zapomocą alchemii. W r. 1704 odkrył Bötticher sposób wyrabiania porcelany czerwonej, to jest massy różniącej się od porcelany chińskiej jedynie tem, że była nieprzezroczystą.

„To pierwsze powodzenie, ten pierwszy krok w naśladownictwie porcelany chińskiej, bardzo ucieszył elektora, tak, iż dla ułatwienia Bötticherowi podwójnych prac jego, to jest prób ceramicznych i alchemicznych doświadczeń, 22 września 1707 r. kazał go przenieść z Koenigsteinu do Drezna, a raczej w okolice tego miasta, do domu zaopatrzonego w laboratoryum chemiczne, urządzone w *Jungferbastei.* — Tam to Bötticher oddał się dalszym dochodzeniom w celu odkrycia sposobu wyrabiania por-

celany białej. Mimo tego nie zwalniano bynajmniej nadzoru rozciągniętego nad chemikiem; bezustannie miano go na oku. Otrzymywał wprawdzie czasem pozwolenie odwiedzenia Drezna, ale wtedy hr. Tschirnhaus, który osobą swoją odpowiadał za niego, towarzyszył mu w powozie.

„Czytelników, którzyby mieli jakąkolwiek wątpliwość co do podanych przez nas szczegółów, prosimy aby zechcieli sobie przypomnieć, że liczne próby, jakie w XVII w. robiono w Europie w celu dojścia sposobu wyrabiania porcelany, wszędzie największą otaczano tajemnicą;—że pierwsza fabryka porcelany założona w Saksonii, w zamku Albertsburg, była istną fortecą, z bastyonami i mostem zwodzonym, której progu żaden obcy człowiek nie mógł przestąpić; że robotnicy, przekonani o niedotrzymanie tajemnicy, osadzani byli, podobnie jak zbrodniarze stanu, na dożywotnie więzienie w Koenigsteinie,—i że dla przypomnienia im ich obowiązków, co miesiąc na drzwiach warsztatów wypisywano te słowa: „*Tajemnica aż do grobu!*"

Hrabia Tschirnhaus umarł w. r. 1708, ale wypadek ten nie przerwał wcale prac Böttichera, któremu w następnym roku udało się nareszcie odkryć sposób wyrabiania porcelany białej, przy pomocy kaolinu, który odkrył w Aue, w bliskości Schneebergu. Pod najściślejszym nadzorem chemik nasz musiał wykonywać ciężkie i długie próby, prowadzące do tego ważnego odkrycia. Ale naturalna jego wesołość brała górę nad wszelkiemi trudnościami. Trzeba było całe nocy przepędzać przy piecach z porcelaną, mianowicie podczas prób wypalania, które trwały nieraz trzy albo i cztery dni bez przerwy. Bötticher nie opuszczał stanowiska ani na chwilę, a konceptami swojemi i zajmującą rozmową umiał rozbudzać znużonych robotników.

„Wyrób porcelany miał większe daleko dla Saksonii znaczenie, aniżeli fabrykacya złota. Ufając w doniosłość swego wynalazku, Bötticher ośmielił się nareszcie wyznać elektorowi, że nie posiada wcale tajemnicy kamienia filozoficznego, i że posługiwał się zawsze jedynie tynkturą, którą mu dał Lascaris. Elektor saski przebaczył Bötticherowi. Wyrób porcelany był dla jego kraju dalego cenniejszym skarbem, aniżeli ten, którego tak pożądał. Pierwsza fabryka porcelany czerwonej założona została w Dreznie, w r. 1706, za życia jeszcze hr. Tschirnhaus'a; fabryka porcelany białej powstała w r. 1710, w zamku Albertsburg, w Misnii, gdy Bötticherowi poszczęściło się odkryć kaolin w Aue. Bötticher odzyskał wszystkie swoje godności a nawet tytuł barona. Oprócz tego otrzymał zasłużoną nagrodę, zostawszy dyrektorem fabryki porcelany w Dreznie.

We Francyi usiłowania w celu odkrycia sposobu naśladowania porcelany chińskiej i japońskiej, również pomyślnym uwieńczone zostały skut-

kiem: w r. 1727 zaczęto wyrabiać we Francyi naczynia białe, przezroczyste, z błyszczącą polewą, różniące się wielce składem swoim od porcelany twardej i nazywane porcelaną „miękką”, albo też „starą sewrską” (*porcelaine tendre, vieux sèvres*). Ale wyrobów tych z massy nadzwyczaj



Fig. 51. Wazon z sewrskiej porcelany.

kosztownej i trudnej do złożenia, zaniechano odczasu jak w Saint-Yrieix, pod Limoges, odkryto podkłady prawdziwej glinki porcelanowej.

Fabryka królewska w Sèvres założona została w r. 1756, a już w następnym roku cesarzowa Marya Teresa otrzymała od Ludwika XIV serwis z tej porcelany. Od tego czasu znaczna ilość fabryk porcelany powstała we Francyi i w innych krajach.

Fig. 51 przedstawia naczynie ze starej sewrskiej porcelany.

U nas w zeszłym wieku kwitnęła jakiś czas fabryka porcelany w miasteczku Korcu, w gub. Wołyńskiej, założona przez księcia Józefa Czartoryjskiego, stolnika w. ks. lit.

* * *

Materyał używany na wyrób porcelany w fabryce sewrskiej stanowi kaolin z Saint-Yrieix, będący glinką białą i delikatną w dotknięciu; dodaje się do niego trochę piasku i kredy.

Materyał ten rozpala się najprzód do czerwoności a potem rzuca się go do zimnej wody; miele się go między kamieniami młyńskiemi, a potem płócze dla oddzielenia ziarnek grubszych. Po wymięszaniu go i zwilżeniu



Fig. 52.

do pewnego stopnia, powstaje massa dosyć gęsta, którą udeptuje człowiek bosemi nogami. Wszystkie te czynności odbywają się z wielką starannością. Następnie massa ta leży przez kilka lat w wilgotnych piwnicach, w których gnije, to jest mała ilość materyi organicznej, która w niej znajdować się może, niszczeje wskutek fermentacyi. Nim się jej użyje na wyrób naczyń, ugniata się ją rękami, robi się z niej kule, któremi się rzuca silnie o stół, aby z niej wyszły bańki gazu, które mogą się w niej znaleść po odbytej fermentacyi.

Pierwszy kształt nadaje się naczyniu na krążku garncarskim, o którym wyżej była mowa. Ale naczynie tak przygotowane nie idzie jeszcze w piec, gdyż nie jest jeszcze dostatecznie wykończonem. Robotnik pozwala mu nieco obeschnąć na krążku, poczem, nadawszy ruch krążkowi, przykłada do naczynia narzędzie ostre i za jego pomocą nadaje mu żądaną grubość i czystość konturów.

Przy wyrobie talerzy i półmisków na krążku garncarskim, w celu nadania wszystkim jednakowego rozmiaru, używa się narzędzia stalowego, zwanego *gabarytem*, którego ostrze przedstawia profil, jaki ma być nadany półmiskowi lub talerzowi. Robotnik trzyma gabaryt w odpowiedniej wysokości ponad talerzem, tak aby ostrze jego dotykało wyrabiającego się przedmiotu i zapomocą ruchu obrotowego, dzięki owemu stalowemu niby patronowi (fig. 52), urabia naczynie odpowiadające dokładnie żądanym wymiarom.

Nie wszystkie sztuki porcelanowe i nie wszystkie ich części urabia robotnik na krążku. Niektóre z nich odciskają się albo odlewają.

W pierwszym razie massa porcelanowa wkłada się w formę wydrążoną, której kształt przybiera. Forma ta bywa zwykle z gipsu. Do przedmiotów okrągłych, jak np. uszka lub słupki, używa się form złożonych z dwóch połów równych. W każdej z połów formy odciska się połowa przedmiotu, a potem składa się obie połowy formy, zanim massa wyschnie.

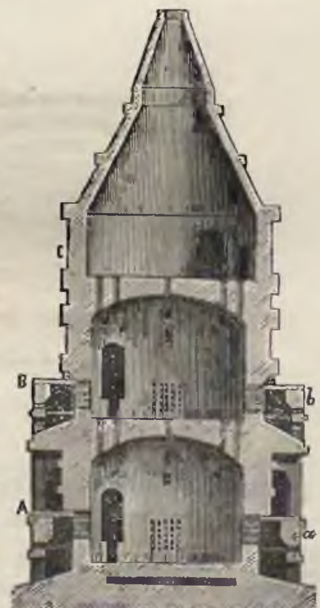


Fig. 53.

Rurki i tulejki porcelanowe, dzióbki i czajniki, oraz inne przedmioty wydrążone, odlewają się. Gdy się do porowatej formy z gipsu naleje rzadkiej massy porcelanowej, forma pochłania znaczną ilość wody, a warstewka massy przylega do wewnętrznej powierzchni formy. Resztę wody wylewa się a formę napełnia się powtórnie. Tworzy się tedy druga warstewka massy i tak dalej, dopóki się nie otrzyma dostatecznej grubości.

Przedmioty urobione powyższemi sposobami osuszają się zwolna na powietrzu, poczem poddają się pierwszemu wypaleniu w wyższej części pieca porcelanowego. Przez to nabierają one pewnej twardości, ale są bardzo porowate i nie mogłyby służyć do użytków, do jakich przeznaczone są zwykle naczynia zarówno gliniane jak porcelanowe. W tym stanie nazywają się „biskwitami" *(biscuits)*.

Polewa czyli *glazura*, którą się daje po tem pierwszem wypaleniu, ma na celu przeszkodzenie wsiąkaniu płynów w massę porcelanową i nadanie jej gładkości i połysku miłego dla oka.

Materyałem z którego wyrabia się polewa czyli glazura porcelanowa, jest *feldspat.*

Feldspat jest to ta sama skała, która wietrzejąc daje kaolin. Topi się w temperaturze bardzo wysokiej, podczas gdy kaolin nie topi się wcale.

Feldspat przeznaczony na glazurę, rozciera się na proszek nadzwyczaj miałki, i wsypuje się go w wodę tak, aby pozostał w stanie zawieszenia. Robotnik zanurza zręcznie naczynie lub inny przedmiot w tym płynie, massa porowata chłonie w siebie wodę a materya szklista osiada na na jej powierzchni. Gdyby kto chciał nadać glazurę przedmiotom już wy-



Fig. 54.



Fig. 55.

palonym i nie porowatym, trzeba by je pociągać nią zapomocą pędzla, albo polewać po wierzchu.

W Sèvres wypalają porcelanę w piecu o dwóch piętrach (fig. 53). Piętro wyższe B., służy, jak to już powiedzieliśmy, do pierwszego wypalania; piętro niższe do wypalania ostatecznego. Każde z tych pięter opalają cztery ogniska zewnętrzne *b*, *a*, przytykające do pieca; płomień dostaje się do pieca otworami bocznemi.

Kopuła C, wznosząca się nad piecem, służy do suszenia drzewa, oraz do umiarkowanego wygrzewania pewnych mięszanin przeznaczonych na wyrób farb szklistych.

Przedmioty porcelanowe przed włożeniem w piec umieszczają się w tak zwanych *kazetach* (cazette), czyli naczyniach zastosowanych do kształtu mającego się wypalać przedmiotu. Naczynia te (ob. fig. 54) wyrabiają się z glin nietopliwych.

Gdy się piec zapełni, drzwi do niego zamurowują cegłą ogniotrwałą i rozpalają ogień. Wypalanie trwa trzydzieści sześć godzin. Malowania i złocenia na porcelanie wykonywają się na przedmiotach już wypalonych i powleczonych glazurą, zapomocą złota w proszku lub innych substancyj mineralnych, rozmaicie zabarwionych. Substancye te zmięszane są zawsze z jakimś *topnikiem*, którym zwykle bywa boraks.

Tak pomalowane przedmioty, idą znów w osobny piec, małych rozmiarów, zwany *muflowym* (fig. 55). Pod działaniem gorąca boraks się topi a z nim i farby, łącząc się i zlewając niejako z glazurą. W skutek tego malowidła te są bardzo trwałe; opierają się zarówno myciu, jak działaniu płynów alkalicznych i kwasów, i stanowią jakby składową część samej porcelany.

IX.

Perspektywy.

Fraskator i Porta. — Jan Lippershey wynajduje perspektywę w Hollandyi, w r. 1606 Pierwsza perspektywa widziana w Paryżu. — Teorya perspektywy. — Soczewki. — Zwiększanie przedmiotów przez soczewkę wypukłą. — Perspektywa czyli luneta astronomiczna.— Luneta ziemska. — Loryneta teatralna.

Wynalazek perspektyw jest zupełnie nowoczesny. Starożytni obserwowali gwiazdy zapomocą długich tulejek, które, jak mówi Arystoteles, robiły ten sam skutek co studnie, z których głębi w biały dzień gwiazdy widzieć można. Ale przyrząd ten nie miał żadnego związku z narzędziami optycznemi, o których tutaj mówić chcemy.

W dziele Frascatora, wydanem w Wenecyi w r. 1589, czytamy: „Patrząc przez dwa szkła oczne, umieszczone jedno nad drugiem, widzimy wszystkie przedmioty większemi lub bliższemi."

W dziele „Magia naturalna" wydanem w r. 1589 przez p. Porta, fizyka neapolitańskiego, jest mowa o tem, że łącząc soczewkę wypukłą z soczewką wklęsłą, można widzieć przedmioty powiększone i bardzo wyraźnie.

Jednak żaden z tych fizyków nie zbudował narzędzia optycznego, które zowiemy perspektywą albo lunetą.

Z dokumentów znalezionych w archiwum miasta Hagi pokazuje się, że 2-go października 1606 roku, niejaki Jan Lippershey, optyk z Middelburga, urodzony w Wesel, zażądał od Stanów generalnych holenderskich trzydziestoletniego przywileju na wyrób narzędzia, zapomocą którego można widzieć bardzo oddalone przedmioty „jak to okazano panom członkom Stanów generalnych." W cztery dni później komissya wyznaczona przez Stany generalne zadecydowała, że przyrząd Lippershey'a może być pożytecznym dla kraju, ale że należy go udoskonalić tak, aby można było

przezeń patrzeć obudwoma oczami. W dwa lata później, a mianowicie w dniu 15 grudnia 1608 roku, wynalazca zaprowadził to ulepszenie w narzędziu.

Jakób Metius, uczony holenderski, d. 17 października 1608 r. zrobił swoją drogą narzędzie, o którem twierdził, że jest równie dobrem jak narzędzie Lippershey'a.

Dodajmy, że w r. 1609 Galileusz we Włoszech, zdołał bez niczyjej pomocy zbudować ową sławną perspektywę holenderską, o której wiedział tylko z publicznego rozgłosu.

Jakim sposobem optyk middelburgski, Jan Lippershey, przyszedł do zbudowania perspektywy?... Czy potęgą swego geniuszu, czy przypadkiem?... Wielki fizyk, Huygens, mówi: „Postawiłbym wyżej nad wszystkich śmiertelników tego, ktoby samą siłą zastanowienia, bez pomocy przypadku, doszedł do wynalazku perspektywy." Jeżeli wierzyć można podaniu, Lippershey przypadkowi tylko zawdzięczał swój wynalazek. Powiadają, że jakiś cudzoziemiec zamówiwszy u Lippershey'a soczewki wklęsłe i wypukłe, przyszedł po nie w dniu oznaczonym, wybrał z nich dwie, przykładał je do oka, rozsuwając to bliżej, to dalej od siebie, potem zapłacił i wyszedł nie rzekłszy ani słowa. Lippershey, pozostawszy sam, miał próbować naśladować to co robił ów cudzoziemiec, i spostrzegł że przedmioty oglądane w ten sposób zwiększają się. Następnie, utwierdziwszy dwa szkła na dwóch końcach rurki, zbudował pierwszą perspektywę.

Według innej wersyi, dzieci Lippershey'a, zbliżywszy do siebie przypadkiem na stosowną odległość dwie soczewki, z których jedna była wklęsłą a druga wypukłą, poczęły krzyczeć z radości, ujrzawszy jak się zbliżył do nich kogut na dzwonnicy middelburgskiej. Lippershey, który był przy tem, utwierdził owe soczewki najprzód na deseczce, a potem na końcach rurki wewnątrz poczernionej, i tym sposobem przyszedł do zbudowania tego cudownego narzędzia o którem mówimy.

Zresztą, jakimkolwiek sposobem dokonał tego Lippershey, w każdym razie dziś nie ulega wątpliwości, że jemu to zawdzięczamy pożyteczny ten wynalazek.

W «Dzienniku panowania Henryka IV» *(Journal du règne de Henri IV)* przez Piotra d'Estoile, czytamy pod r. 1609:

«We czwartek, 30 kwietnia, przeszedłszy przez most Marchand, zatrzymałem się u optyka, który wielu osobom pokazywał lunetę nowego wynalazku i użytku. Luneta ta składa się z tulejki blizko na stopę długiej; na każdym jej końcu jest szkło, ale każde inne. Służy ona do dokładnego widzenia przedmiotów oddalonych, które widać bardzo niewyraźnie. Przykłada się tę lunetę do jednego oka, a drugie się zamyka; pa-

trząc na przedmiot który się chce obejrzeć, zdaje się jak gdyby on się przybliżał i widać go wyraźnie, tak iż o pół mili (francuzkiej) można poznać osobę. Powiadano mi że to jakiś optyk z Middelburga, w Holandyi, wynalazł tę lunetę...»

* *
*

Liczymy trzy rodzaje perspektywy, a mianowicie: 1) lunetę astronomiczną; 2) lunetę ziemską; 3) lornetę teatralną.

Cała teorya fizycznego działania perspektywy polega na tak zwanem *załamywaniu się światła.* Dla zrozumienia więc budowy tych narzędzi, trzeba poznać najprzód ów objaw.

Każdą wiązkę światła uważać można jako utworzoną z połączenia mnogich linij świetlanych, równoległych do siebie; linie te zowiemy *promieniami* światła.

W substancyi przezroczystej jednolitej, naprzykład w warstwie powietrza albo w warstwie wody, światło porusza się po linii prostej. Ale kiedy promień światła przechodzi ukośnie z jednej substancyi w drugą,

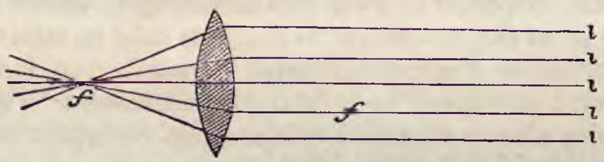


Fig. 56.

inną gęstość posiadającą, naprzykład z powietrza w wodę lub szkło, promień ten nie idzie w kierunku prostym, ale się łamie, to jest porusza się w tem drugiem ciele w kierunku, który nie jest jego przedłużeniem w linii prostej, czyli *załamuje się.*

Na tej to własności promieni światła, zbaczania z drogi prostej, gdy przechodzą z jednej substancyi w drugą, gęstszą, polega budowa soczewek, które tworzą następnie, przez stosowne zestawienie, rozmaite rodzaje perspektyw.

Soczewka, ten najprostszy z przyrządów optycznych, przedstawia nam zastosowanie załamywania się światła w substancyach gęstszych od powietrza. Soczewka, jestto massa szklanna, obrobiona w ten sposób, że jest objęta dwoma powierzchniami kulistemi. Soczewka z oboma powierzchniami wypukłemi, zowie się *wypukło-wypukłą;* soczewka z dwoma powierzchniami wklęsłemi, zowie się *wklęsło-wklęsłą.*

Umieściwszy w kierunku promieni słonecznych soczewkę wypukło-wypukłą (fig. 56), promienie które spotykają powierzchnią tej soczewki

i które przez nią przechodzą, załamują się dwa razy: wchodząc w szkło i wychodząc z niego, i pochylają się ku sobie, tak, iż z drugiej strony soczewki schodzą się w ostrokręg, czyli zbiegają się w jednym punkcie, który zowie się *ogniskiem* soczewki. Widzimy to objaśnione na fig. 56, na której ognisko promieni załamanych *ll*, znajduje się w punkcie *f*.

Jeżeli umieścimy przedmiot świecący albo oświecony AB (fig. 57) poza ogniskiem soczewki wypukło-wypukłej, promienie wychodzące z A zbiegną się w *a*, a promienie wychodzące z B w *b*, gdyż *a* i *b* są ogniskami wszystkich promieni wychodzących z punktów A i B. Tak samo rzecz się ma ze wszystkiemi promieniami wychodzącemi z rozmaitych punktów przedmiotu.

Obraz utworzony przez połączenie ognisk odpowiadających każdemu z punktów przedmiotu, będzie mógł być pochwycony na białą zasłonę albo widziany okiem umieszczonem w kierunku promieni, które się rozszerzają, rozszczepiając się po skrzyżowaniu się w swojem ognisku. Ten

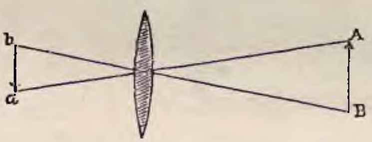


Fig. 57.

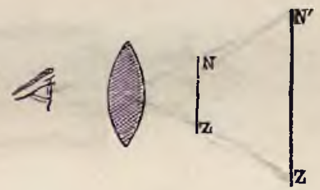


Fig. 58.

obraz widziany w ognisku soczewki, nazywamy obrazem *rzeczywistym*.

Umieśćmy teraz przedmiot świecący lub oświecony NZ, między ogniskiem soczewki wypukło-wypukłej i samą soczewką (fig. 58). Promienie światła wychodzące z przedmiotu załamują się przechodząc przez soczewkę. W oku patrzącego nie tworzy się wtedy obraz *rzeczywisty* tego przedmiotu; oko umieszczone po drugiej stronie soczewki widzi, na przedłużeniu promieni światła, od strony przedmiotu, obraz N'Z', będący *zwiększonym* obrazem przedmiotu NZ.

Soczewka wypukło-wypukła przybliżona do oka stanowi *lupę*, czyli mikroskop prosty. Przyrządu tego używają naturaliści do badania drobnych szczegółów, bądź to w zwierzętach, bądź w roślinach, których gołem okiem dojrzeć nie można. Do tej soczewki wrócimy jeszcze, mówiąc o mikroskopie prostym.

Luneta astronomiczna. Objaśnienie powyższe sposobu w jaki soczewka wypukło-wypukła zwiększa przedmioty, dozwoli nam znów wytłómaczyć, w jaki sposób luneta astronomiczna służy do dokładnego widzenia

wielkich ciał niebieskich, mimo ogromnej odległości, która nas od nich oddziela. Jakoż luneta astronomiczna składa się z dwóch soczewek wypukło-wypukłych, wprawionych na dwóch końcach rury metalowej, składającej się z dwóch części, wsuwających się jedna w drugą, tak aby badacz mógł dowolnie zmieniać odległość dzielącą dwie soczewki.

Rozmiary dwóch soczewek w lunecie nie są jednakowe; ta która umieszczona jest przy oku obserwatora, jest mniejsza od tej która jest zwrócona w stronę przedmiotu obserwowanego, i która zowie się *przedmiotową*.

Wyjaśniliśmy już, w jaki sposób pojedyncza soczewka wypukło-wypukła zwiększa przedmiot. Dwie soczewki podobne, skierowane na ten sam przedmiot, zwiększają go daleko bardziej i wydają skutek którego żądamy od lunety.

Luneta zatem astronomiczna utworzona jest z połączenia dwóch so-

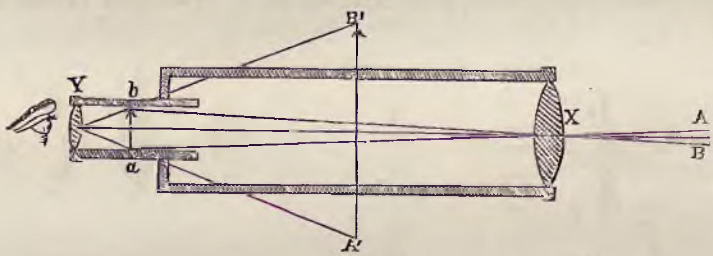


Fig. 59.

czewek wypukło-wypukłych, z których jedna służy do utworzenia obrazu, druga do jego powiększenia.

Fig. 59 poucza, w jaki to sposób dwie soczewki wypukło-wypukłe w lunecie astronomicznej powiększają przedmioty.

Niech będzie przedmiot odległy AB, o którego powiększenie chodzi. Ustawmy w kierunku światła lunetę astronomiczną, złożoną z soczewki wypukło-wypukłej przedmiotowej X, bardzo wielkiej, i z drugiej soczewki również wypukło-wypukłej, ale bardzo małej Y, przy której umieszcza się oko. Ta ostatnia soczewka tworzy w swojem ognisku obraz oddalonego przedmiotu *a b*, ale obraz ten jest przewrócony. Następnie powiększa ten obraz, ale go nie odwraca, i pokazuje w rozmiarach znacznie zwiększonych, w A'B'. W lunecie astronomicznej przedstawia się zatem obraz przewrócony, co jednak bynajmniej nie stanowi przeszkody w obserwacyi ciał niebieskich, jako mających wymiary kuliste.

Soczewka mniejsza oprawiona jest w rurę węższą od tej, w której

osadzona jest przedmiotowa. Mniejsza rura suwa się w większej z małem tarciem, tak iżby długość lunety w miarę potrzeby zmieniać można było.

Soczewkę mniejszą można wyjąć a zastąpić ją inną, bardziej lub mniej wypukłą, według czego powiększenie się potęguje lub słabnie.

Luneta astronomiczna zwiększa przedmioty od 1,000 do 3,000 razy.

Luneta ziemska. Luneta ziemska różni się głównie od astronomicznej tem, że obrazy w niej przedstawiają się w naturalnem położeniu, nie przewrócone. Tego odwrócenia napowrót obrazu dokonywa się przez użycie mniejszej soczewki wklęsło-wklęsłej, zamiast wypukło-wypukłej.

Fig. 60 przedstawia przebieg promieni światła i sposób zwiększania przedmiotów w perspektywie czyli lunecie ziemskiej.

Przedmiotowa 0 jest wypukło-wypukła, a soczewka mniejsza jest wklęsło-wklęsła. Obraz przedmiotu tworzy się w ognisku soczewki wypukło-wypukłej 0, w miejscu zaznaczonem na fig, 60 przez punkt przecięcia się promieni ukośnych przed soczewką mniejszą *0*, ale obraz ten jest

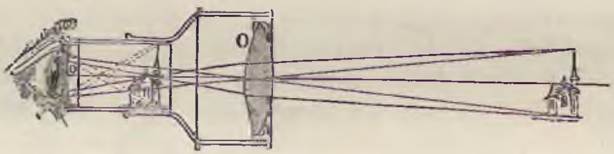


Fig. 60.

przewrócony. Zamiast patrzeć nań przez soczewkę wypukło-wypukłą, jak w lunecie astronomicznej, coby go znacznie powiększyło, ale pozostawiło przewróconym, patrzy się nań przez soczewkę wklęsło-wklęsłą *o*, która go odwraca ale powiększa bardzo mało.

Narzędzie któreśmy tu opisali jest tem samem właśnie, które zbudował Galileusz; była to pierwsza luneta, jakiej używano do obserwacyi gwiazd. Widziano przez nią przedmioty nie wielę powiększone, ale nie przewrócone. Keppler zrobił z niej właściwą *lunetę astronomiczną*, używszy soczewki mniejszej wypukło-wypukłej zamiast wklęsło-wklęsłej.

Lorneta teatralna, jest to po prostu luneta Galileusza, tylko sprowadzona do drobnych rozmiarów, tak aby ją nosić przy sobie było można. Podobnie jak luneta Galileusza czyli ziemska, którą dopiero co opisaliśmy, składa ona się z przedmiotowej wypukło-wypukłej służącej do powiększania przedmiotów, i z mniejszej soczewki wklęsło-wklęsłej, odwracającej przewrócone przez tamtę przedmioty. Podobnie też jak luneta ziemska, nie wiele powiększa.

Lorneta teatralna bywa albo pojedyncza, albo podwójna; w tym

ostatnim razie nazywają ją u nas z cudzoziemska *binoklami*. Binokle wynalazł w r. 1671 kapucyn, znany pod nazwą ojca Cherubina. Są one połączeniem dwóch lunetek Galileusza, rozsuwających się i zsuwających na długość jednocześnie, za pomocą śruby ukrytej wewnątrz wydrążonego słupka, umieszczonego pomiędzy niemi.

X.

Teleskop.

Teleskop Gregory'ego. — Teleskop Herschla. — Teleskop Foucault'a.

Teleskop, podobnie jak luneta astronomiczna, służy do obserwacyj ciał niebieskich, tylko że zwiększanie przedmiotów odległych odbywa się w teleskopie za pomocą zupełnie innego mechanizmu fizycznego. W lunecie astronomicznej, jakeśmy to dopiero co widzieli, przedmioty powiększone zostają przez załamywanie się promieni światła w szkle; w teleskopie powiększanie przedmiotów dzieje się w skutek odbicia promieni od zwierciadeł metalowych krzywych.

Pierwszą myśl zbudowania podobnego narzędzia, powziął w siedemnastym wieku niejaki Zeucchi. W dziele wydanem w Lyonie w r. 1652, uczony ten człowiek powiada, że już w r. 1616 przyszło mu na myśl, użyć zwierciadeł metalowych wklęsłych w celu uzyskania powiększenia ciał bardzo odległych zapomocą prostego odbicia, co dotąd uzyskiwano jedynie zapomocą załamania się promieni światła w dwóch soczewkach. Wprowadzając myśl tę w życie, p. Zeucchi zbudował teleskop, przedstawiający te same rezultaty co luneta, zbudowana przed siedmiu laty.

W r. 1663 opisany został, jeżeli nie zbudowany, teleskop Gregory'ego, niesłusznie nazywany bardzo często *teleskopem Newtona*.

Teleskop Gregory'ego oparty jest na objawie odbicia, jakiemu ulegają promienie światła, padające na powierzchnię wklęsłą; chcąc zatem zrozumieć działalność tego narzędzia, trzeba nam się trochę obeznać z prawami odbijania się promieni światła od rozmaitych powierzchni.

Kiedy wiązka promieni światła padnie prostopadle na powierzchnią poziomą, płaską, nieprzezroczystą i gładką, np. na blachę żelazną, promienie te odbijają się również prostopadle, nie zmieniwszy zupełnie kierunku. Ale jeżeli padną ukośnie, w takim razie odbijają się w kierunku przeciwnym pierwotnemu, tworząc taki sam kąt z powierzchnią płaską,

jak to przedstawia fig. geometryczna 61, na której *ac* przedstawia promień światła padający, a *bc* promień odbity od powierzchni płaskiej w punkcie *c*. Dwa kąty *acn* i *bcn*, utworzone z *nc*, prostopadłą do po-

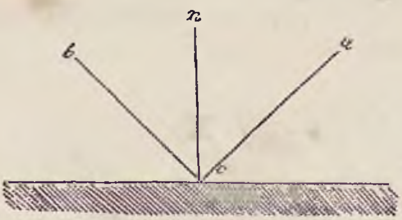


Fig. 61.

wierzchni płaskiej, leżą na jednej płaszczyznie i są sobie równe; pierwszy z nich zowie się *kątem wpadania*, drugi *kątem odbicia*.

Jeżeli promienie równoległe padają pionowo na zwierciadło ukośne, odbijają się tak samo, jak gdyby padały ukośnie na zwierciadło płaskie. Ponieważ zwierciadło kuliste i wklęsłe przedstawia wszędzie powierzchnię

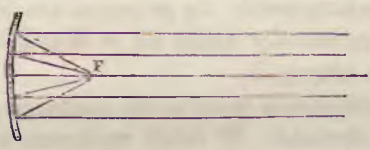


Fig. 62.

ukośną, z wyjątkiem samego środka, więc gdy padną na nie promienie równoległe (fig. 62), odbiją się od jego powierzchni, nachylą się ku sobie i nareszcie zbiegną się ze sobą wszystkie w pewnym punkcie, leżącym na osi zwierciadła. Punkt ten jest ogniskiem zwierciadła F.

Jeżeli przedmiot VT umieścimy przed zwierciadłem wklęsłem (fig. 63),

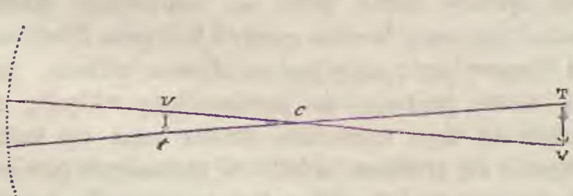


Fig. 63.

promienie wychodzące z punktu V, po odbiciu się, zejdą się wszystkie w punkcie *v*, który będzie ogniskiem wszystkich promieni, które wyszły z V. Tak samo rzecz się mieć będzie z punktem T, i tym sposobem po-

wstanie obraz przewrócony w *vt*. To wklęsłe zwierciadło może zatem zastąpić przedmiotową lunetę, to jest utworzyć w swojem ognisku obraz przedmiotu oddalonego. Jeżeli przedmiot jest bardzo oddalonym, promienie padające z niego na zwierciadło można uważać prawie za równoległe; w takim razie obraz *vt* utworzy się w głównem ognisku zwierciadła, na środku linii, łączącej środek kształtu zwierciadła ze środkiem kuli, do której należy jego powierzchnia.

Obraz tak utworzony trzeba teraz powiększyć zapomocą ocznej soczewki; — ale trzeba się koniecznie tak urządzić, aby obserwator, stojący przy soczewce ocznej, nie stał między przedmiotem a zwierciadłem, i nie przeszkadzał promieniom światła padać na zwierciadło. Oto dowcipny sposób, jaki wymyślił Gregory w celu usunięcia tej trudności.

Teleskop jego składał się z długiej rury miedzianej AB (fig. 64). W jednym końcu tej rury umieszczone jest zwierciadło wklęsłe M, przebite w środku otworem okrągłym P. — N jest drugiem zwierciadłem wklę-

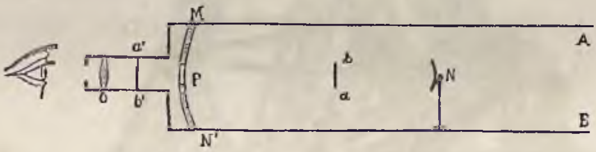


Fig. 64.

słem, nieco tylko większem od otworu okrągłego w pierwszem. Promienie, wychodzące z pewnej gwiazdy, padają na wielkie zwierciadło M i tworzą pierwszy obraz w *ab*. Ten obraz znajduje się między środkiem a ogniskiem małego zwierciadła N, tak, iż promienie, odbiwszy się powtórnie od zwierciadła N, tworzą w *a'b'* powiększony i przewrócony obraz *ab*, a zatem odnośnie do gwiazdy samej, zupełnie naturalny. Obraz ten powiększa się jeszcze za pomocą soczewki ocznej O, wypukło-wypukłej.

W r. 1672 Newton ofiarował Towarzystwu Królewskiemu w Londynie teleskop, który według systemu Gregory'ego sam własnemi wykonał rękami. Ta okoliczność tłómaczy błąd tych, którzy wynalazek tego teleskopu przypisali Newtonowi.

Newton jednak zmienił nieco jego budowę, zastępując małe zwierciadełko wklęsłe N małem zwierciadełkiem płaskiem, pochylonem na 45° do osi zwierciadła wielkiego. Tym sposobem obraz, utworzony przez zwierciadło wielkie, odbija się w kierunku prostopadłym do osi, a promie-

nie jego przechodzą przez otwór, zrobiony w ścianie rury; i w tym to otworze umieszcza się soczewka zwiększająca.

Dodać tu jeszcze trzeba, że już w XIII w. Roger Bacon prawdopodobnie zbudował był rzeczywisty teleskop na podstawie odbijania się promieni światła, i używał go do swoich obserwacyj astronomicznych.

Astronom angielski Wiliam Herschel, który żył w końcu ubiegłego i na początku bieżącego stulecia, olbrzymich rozmiarów teleskopami, któ-



Fig. 65.

re budował, przyczynił się do spopularyzowania tego narzędzia między ludem, na którego wyobraźnią działał. Herschel z powołania nie był ani przeznaczony ani przygotowany do zawodu astronoma, był sobie bowiem poprostu muzykiem. Przypadkiem wpadł mu w rękę teleskop. Zachwycony cudami, jakie dzięki temu narzędziu optycznemu ukazały mu się na niebie, nabrał ogromnego zapału do obserwacyj astronomicznych. Teleskop, którego używał, posiadał bardzo słabą siłę powiększającą; chciał więc kupić sobie lepszy, ale na to nie wystarczała kieszeń niebogatego

amatora. Mimo tego Herschel nie stracił odwagi, i postanowił sam zbudować sobie narzędzie, którego kupić nie był w stanie. Został więc matematykiem, mechanikiem, optykiem. Do r. 1781 zrobił przeszło 400 zwierciadeł do teleskopów.

Potężne teleskopy Herschla składały się z zwierciadła metalowego, umieszczonego na dnie rury miedzianej lub drewnianej, lekko nachylonego, tak, aby obraz gwiazdy, bardzo powiększony i bardzo jasny, rzucało na brzeg otworu rury, gdzie Herschel obserwował go zapomocą lupy, odrzucając drugie zwierciadło, używane przez Gregory'ego, które sprawia zawsze pewną stratę światła, w skutek tego powtórnego odbicia się obrazu.

Największy teleskop, jakiego Herschel używał (fig. 65), zaopatrzony był w zwierciadło, mające jeden metr i czterdzieści siedm centymetrów średnicy. Rura miała dwanaście metrów długości, a obserwator stawał na jej końcu z silną soczewką w ręku, i wpatrywał się w obraz. Zwiększenie mogło dojść do sześć tysięcy razy wziętej średnicy ciała obserwowanego. Dla nadania teleskopowi nachylenia odpowiedniego każdej obserwacyi, Herschel kazał zbudować ogromny przyrząd, złożony z masztów, lin i bloków, który przedstawia fig. 65. Cała ta budowa spoczywała na kółkach, a chcąc ją odpowiednio nastawić, trzeba ją było poruszać całą za pomocą windy. Obserwator stawał na platformie, zawieszonej u otworu rury, jak to widzimy na fig. 65. Zresztą Herschel bardzo rzadko używał tego ogromnego teleskopu. Najwięcej sto godzin w roku trafiało się takich, podczas których pod mglistem niebem Anglii powietrze było dość przezroczyste, aby można było użyć tego przyrządu skutecznie.

Za naszych czasów lord Ross w Anglii zbudował jeszcze większy i potężniejszy teleskop od teleskopu Herschla. Zwierciadło teleskopu lorda Ross waży 3810 kilogramów, rura 6600 kilogramów.

Począwszy od pierwszych lat bieżącego stulecia zaprzestano we Francyi używać teleskopu, jako narzędzia do obserwacyi ciał niebieskich. Używano do tego jedynie narzędzi, których budowa polega na załamywaniu się promieni słonecznych, to jest lunet.

Jednakże znakomity fizyk, Leon Foucault, tak dalece udoskonalił teleskop, zmniejszając rozmiary i ciężar wszystkich jego części, że uczynił go prawie dogodniejszym do obserwacyj od lunety. Foucault zwierciadła metalowe zastąpił zwierciadłami szklannemi, którym zdołał nadać kształt paraboliczny. Co więcej, posrebrzając to zwierciadło, zapobiegł zbytecznemu ubytkowi światła, które chłonął w siebie kruszec. Tym sposobem powierzchnia zwierciadła posiada wielką siłę odbijania promie-

ni światła, niełatwo ulega nadwerężeniu, a zresztą z łatwością może być posrebrzoną na nowo. Zbudowano już wiele teleskopów tego rodzaju, które oddają znakomite usługi. Należą one, według tego, co się wyżej powiedziało, do systemu wymyślonego przez Gregory'ego, gdyż składają się z wielkiego zwierciadła, tworzącego w swojem ognisku obraz gwiazdy obserwowanej.

XI.

Mikroskop.

Mikroskop prosty.— Mikroskop złożony.— Historya mikroskopu. — Teorya mikroskopu złożonego.—Zastosowanie mikroskopu.—Mikroskop słoneczny.

Umysł ludzki nie przestaje na poznaniu ciał nieskończenie wielkich; pragnie on zbadać równie i ciała nieskończenie małe, te istoty tajemnicze, które w harmonii świata małość swoją wynagradzają ilością. Ten świat nowy odsłania nam *mikroskop*.

Mikroskopem nazywamy narzędzie, służące do znacznego powiększenia przedmiotów zanadto małych, aby mogły być dojrzane gołem okiem.

Należy rozróżnić *mikroskop prosty* od *mikroskopu złożonego*, gdyż dwa te narzędzia, lubo zmierzają do jednego celu, różnią się jednak wielce, zarówno swoim układem jak i epoką wynalezienia.

Mikroskop prosty. Mikroskop ten jest poprostu soczewką wypukło-wypukłą. Nazywają go pospolicie *lupą*. Przysunięta bardzo blisko do oka badacza, soczewka ta powiększa przedmiot, na który się przez nią patrzy, na zasadzie mechanizmu fizycznego, który objaśniliśmy powyżej, mówiąc o soczewkach;— tutaj nie mamy nic do dodania pod tym względem.

Użycie soczewek czyli szkieł powiększających odległej sięga starożytności. Jakoż bardzo już wcześnie poznano zjawisko powiększania, jakie wydają ciała przezroczyste, ograniczone powierzchniami kulistemi. Ampułki szklanne, kule napełnione wodą i inne materye przezroczyste i załamujące promienie światła,— używane były przez starożytnych w celu powiększenia pisma i przy rytowaniu kamei. W czternastym wieku uży-

wano lup, czyli szkieł w kształcie kulistym, przy robocie w rozmaitych zawodach, jak np. w zegarmistrzowstwie, sztycharstwie i t. p. Z takich to szkieł składały się pierwsze mikroskopy proste, których do prac swoich używali anatomowie Leuwenhoeck, Swammerdan i Lyonnet.

Lupa (fig. 66) służy dziś naturalistom do badania, przy małem zwiększeniu, rozmaitych części ciał zwierząt i roślin. Mineralogowie, fizycy, chemicy używają jej w celu zbadania kształtu kryształów, za małych, aby je można było gołem rozróżnić okiem.

Przez jakiś czas nazywano *mikroskopem Rospaila* lupę czyli soczewkę, utwierdzoną na słupku, na którym poniżej znajdował się przyrząd, służący do umieszczania na nim obserwowanego przedmiotu, który można było przesuwać po słupku i zapomocą śrubki utwierdzić wyżej lub niżej, t. j. w mniejszej lub większej odległości od soczewki. Jest to ten sam mikroskop prosty, którym, jak to już powiedzieliśmy, posługiwali się pierwsi obserwatorowie, a mianowicie Leuwenhoeck, Swammerdan i inni.



Fig. 66.

Mikroskop prosty, choćby siła załamywania promieni w soczewce i krzywizna jej były jak największe, nie jest w stanie powiększyć przedmiotów więcej niż do pięćdziesiąt razy wziętej ich średnicy.

Mikroskop złożony. Mikroskop złożony powstaje z połączenia dwóch soczewek rozmaitych wymiarów, podobnie jak teleskop, tylko że tu na odwrót, mniejsza soczewka jest przedmiotową a większa oczną. Pierwszy mikroskop złożony, to jest utworzony z połączenia dwóch soczewek, zbudował w r. 1590 hollender Zacharyasz Zansz czyli Jansen. Inni przyznają ten zaszczyt uczonemu także hollendrowi Korneliuszowi Drebbel (1572), któremu przypisują też wynalazek termometru.

Mikroskop, który w r. 1590 Jansen przedstawił Karolowi Albertowi, arcyksięciu austryackiemu, miał dwa metry długości: niewygodnym był zatem do użycia. Później narzędzie to wydoskonalili Galileusz i Robert Hooke. Lecz ażeby otrzymać znaczne zwiększenie, trzeba było używać soczewek bardzo mocnych, to jest silnie załamujących światło.

Kiedy fizycy chcieli powiększyć przedmiot obserwowany więcej niż sto pięćdziesiąt do dwustu razy (zawsze mowa tu o średnicy), natrafili na

przeszkodę, która zdawała się być niepodobną do przełamania i która powstrzymała postęp nauki przeszło przez dwa wieki. Sprobujmy wytłómaczyć naturę tej przeszkody.

Światło, załamując się, czyli zbaczając z swojego kierunku przy przejściu z jednego ciała w drugie, np. z powietrza w kryształ, doznaje oprócz tego innej, głębszej zmiany: rozkłada się na promienie rozmaitej barwy. W świetle białem czyli zwyczajnem znajduje się siedm kolorów: fioletowy, szafirowy, niebieski, zielony, żółty, pomarańczowy i czerwony. Wszyscy widujemy te wszystkie kolory w łuku tęczy, sięgającym od jednego krańca widnokręgu na drugi. Widujemy je też często na stołach, gdy światło, przechodząc przez naczynia kryształowe, barwi je tysiącznemi odcieniami. Jestto zresztą ten sam proces rozkładu światła, który krople rosy porannej na kwiatach i trawach czyni podobnemi do różnobarwnych brylantów.

W skutek tego rozkładu światła, przechodzącego przez szkło soczewek, stało się, że im mikroskopy były silniejsze, to jest z silniejszych złożone soczewek, tem bardziej zabarwione i niewyraźniejsze przedstawiały obrazy. Newton był zdania, że wadzie tej zapobiedz niepodobna. Według niego niepodobieństwem było otrzymać soczewki, któreby dawały obrazy nie tęczowane, czyli soczewki *achromatyczne*.

Tymczasem w r. 1757 pewien optyk londyński, nazwiskiem Dollond, zdołał złożyć soczewkę achromatyczną. Osiągnął on ten rezultat, składając ze sobą dwie soczewki: jednę wklęsło-wklęsłą z crownglasu (szkła koronnego), a drugą wklęsło-wypukłą z flintglasu. Atoli soczewki te, oddawna używane do innych narzędzi optycznych, dopiero w r. 1824 zastosowane zostały do mikroskopu przez p. Selligues. Odtąd siła powiększająca mikroskopu poczęła wzrastać ciągle; w końcu doszła do możności zwiększenia tysiąc dwieście razy średnicy przedmiotu obserwowanego.

Pozostaje nam jeszcze objaśnić fizyczny mechanizm, zapomocą którego dwa kawałki kryształu, odpowiednio przyrzniętego, odkrywają przed oczyma zachwyconego obserwatora cały świat nieznany, i tym sposobem odsłaniają człowiekowi jednę z cudownych kart księgi stworzenia, którą słabość jego zmysłów skrywała przed nim, a którą gieniusz jego odkryć potrafił.

Mikroskop złożony mieści w sobie dwie soczewki wypukło-wypukłe, podobnie jak luneta, o czem już wspomnieliśmy. Jest on nawet pewnym rodzajem lunety, ponieważ i w nim, tak jak w lunecie, idzie o powiększenie bardzo małych przedmiotów.

W mikroskopie (fig. 67), ponieważ przedmiot AB umieszczony jest bardzo blisko soczewki przedmiotowej O, więc zwiększony jego obraz *ab* utworzy się, w skutek zwiększającego działania soczewki wypukło-wypukłej, po drugiej stronie soczewki przedmiotowej. Następnie, ponieważ

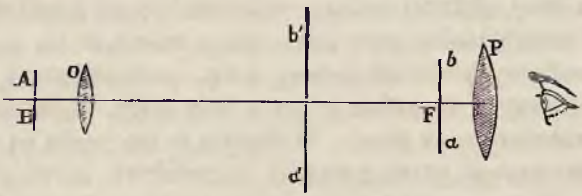


Fig. 67.

soczewka oczna P odgrywa tutaj, podobnie jak w lunecie, rolę lupy, więc za pomocą niej, po za obrazem *ab* otrzymamy nowy obraz daleko większych rozmiarów *a'b'*, dzięki któremu nastąpi znaczne powiększenie przedmiotu. Tym sposobem można w najdrobniejszych szczegółach badać przedmioty, które z powodu swej małości nie dadzą się obserwować gołem okiem.



Fig. 68.

Mikroskop więc jest narzędziem, zapomocą którego obserwujemy przez lupę nie przedmiot jakiś, ale obraz tego przedmiotu, powiększony już za pomocą soczewki wypukło-wypukłej.

Na fig. 68, która przedstawia mikroskop złożony, w punkcie I jest osadzona soczewka oczna, a w C przedmiotowa; w B jest przyrząd, na którym umieszczają się przedmioty; A, jest śrubką, za pomocą której można poruszać zwierciadłem D, które przez odbicie światła, padającego na jego powierzchnią, oświeca przedmiot, a raczej prześwieca go na wskróś, ułatwiając obserwacyę. E, jest to guzik od trybiku, który w ręku obserwatora służy do nastawienia narzędzia tak, aby obraz padał na ognisko jego oka.

Oto główne części tego cudownego narzędzia. Fig. 69 przedstawia

nam przecięcie wnętrza mikroskopu, którego rysunek widzieliśmy na fig. poprzedniej.

Przedmiot mający się obserwować umieszcza się w *a*. Zwierciadło *e* prześwieca przedmiot znaczną ilością odbitego przez siebie światła. Soczewka przedmiotowa *b* powiększa znacznie przedmiot umieszczony w *a*, i tworzy w *cd* obraz zwiększony, przewrócony. Wtedy wypukło-wypukła soczewka oczna w B, zwiększa jeszcze ten obraz, nie odwracając go, i przedstawia oku w CD obraz znacznie powiększony.



Fig. 69.

O stopniu powiększenia stanowi przedmiotowa. To też obserwatorowie mają zawsze cztery albo pięć soczewek przedmiotowych rozmaitej wypukłości, i zapomocą nich zmieniają wedle woli i potrzeby stopień zwiększenia.

Mikroskop zwyczajny powiększa do wysokości pięćset razy wziętej średnicy; ale można doprowadzić powiększenie do tysiąc ośmset razy wziętej wielkości średnicy. Zwiększyć zaś przedmiot jaki tysiąc ośmset razy w jego średnicy, znaczy to samo, co powiększyć jego powierzchnię trzy miliony dwakroć sześćdziesiąt tysięcy razy. Ale przedmioty do tego stopnia powiększone tracą na wyraźności i czystości swoich konturów, tak, że obserwacye odbywają się zwykle przy powiększeniu pięćset razy średnicy przedmiotu.

Zastosowany do obserwacyi mnogich przedmiotów wziętych z natury, mikroskop zachwyca nasze oczy, zadziwia umysł, uderza imaginacyę potęgą cudów organizacyi, którą nam objawia w ciałach organicznych. Mała okruszyna trawki z łąk naszych, niedojrzane oko najdrobniejszego owadu, poddane działaniu tego cudownego narzędzia, odsłaniają nam cały świat nowy, w którym panuje wielka ruchliwość i życie. Kropla wody zaczerpnięta ze strumienia zanieczyszczonego nieco jakiemi odpadkami roślinnemi, jakakolwiek materya organiczna znajdująca się w trakcie rozkładu, ukazują nam, gdy je weźmiemy pod mikroskop, miryady istot żyjących, zwierząt posiadających doskonałą organizacyę i spełniających swoje fizyologiczne funkcye tak samo, jak wielkie gatunki, które znamy. Objawienie tego świata niewidzialnego, którego starożytni nie znali, jest dla nowo-

czesnych pokoleń jedną więcej pobudką do podziwiania wszechmocy Stworzyciela.

W umiejętnościach ścisłych mikroskop rozliczne znajduje zastosowania. Chemicy używają tego narzędzia w celu badania kryształków, w celu oznaczenia ich kształtów i rozróżnienia ich od innych podobnych substancyj, w celu obserwacyi organizmów, powstających z fermentacyi i gnicia. W rękach lekarza może on służyć do poznania rozmaitych chorób z samego rozpatrzenia krwi, mleka, moczu, śliny i t. p. Służy również do odkrycia licznych fałszerstw w wyrobach z nici, jedwabiu, wełny i t. p., oraz niektórych środków pożywienia, jak np. krochmalu i mąki. Służy wreszcie do mierzenia ciał najdrobniejszych. W ten sposób jedynie zdołano się np. przekonać, że kuleczki krwi mają zaledwie $^1/_{152}$ mili-

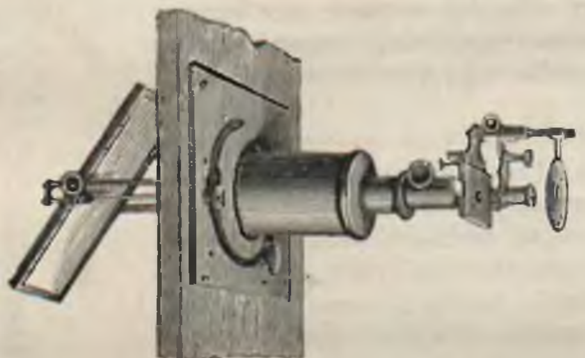


Fig. 70.

metra średnicy. Czytelnicy nasi dowiedzą się zapewne z niemałem zadziwieniem, że dzięki pewnym maszynom do robienia podziałów, zdołano tak małą przestrzeń, jaką zajmuje milimetr, podzielić na tysiąc części równych. Patrząc przez mikroskop na milimetr w ten sposób podzielony, bardzo wyraźnie widzieć można każdy z podziałów.

* * *

Cudowne rezultaty otrzymywane zapomocą mikroskopu, przystępnemi są naraz dla jednego tylko obserwatora. Zapragnięto atoli te ciekawe i pouczające zjawiska ukazać odrazu znacznej liczbie osób; zapragnięto przed słuchaczami całego jakiegoś audytoryum, w klassie, na kursie, na konferencyi, pokazać przedmiot zwiększony przez mikroskop, — i tym sposobem powstał *mikroskop słoneczny*.

Mikroskop słoneczny jest po prostu latarnią czarnoksiężką, w której słońce zastępuje lampę. W skutek nadzwyczajnej siły swojego świa-

tła, słońce pozwala bez końca zwiększać przedmioty, gdyż w warunkach zwyczajnych, główną przeszkodą do dalszego powiększania przedmiotów, jest brak światła. Zapomocą mikroskopu słonecznego można doprowadzić powiększenie do dwóch a nawet do trzech tysięcy średnic. Włos wydaje się grubym jak kij; pchła przybiera wielkość barana; można widzieć dokładnie kuleczki krwi krążące wewnątrz naczyń jakiegoś zwierzęcia.

W celu pochwycenia promieni słonecznych i skierowania ich na przedmiot który chcemy oświecić, w okiennicy szczelnie zamkniętego pokoju



Fig. 71.

wywierca się dziurę, leżącą na jednej linii z soczewką szklanną, umieszczoną w rurze mikroskopu. Na zewnątrz okiennicy przytwierdza się zwierciadło płaskie, na które padają promienie słoneczne i przez odbicie dostają się do wnętrza pokoju ciemnego (fig. 70). W rurze znajduje się soczewka wypukła, która koncentruje promienie słoneczne na przedmiot, który chcemy oświecić, i który jest umieszczony w ognisku tych promieni, a zatem cały oblany jest światłem. Poza tem ogniskiem, a więc poza przedmiotem, znajduje się druga soczewka, wypukło-wypukła, która znacznie powiększa obraz przedmiotu, przedstawiając go do góry nogami. Jeżeli na

przedłużeniu promieni światła tworzących ten obraz powiększony, umieścimy jakąś zasłonę ciemną, obraz ukaże się na zasłonie i stanie się dla całego audytoryum widzialnym. Rozmiary tego obrazu można powiększyć lub zmniejszyć, w miarę jak się zasłonę oddala albo przybliża do mikroskopu.

Fig. 71 przedstawia mikroskop słoneczny. Widzimy że przyrząd ten jest, jak to już powiedzieliśmy, po prostu latarnią czarnoksięzką. A cóż to jest ta latarnia czarnoksięzka? Przy mikroskopie, do pokoju zupełnie ciemnego, wprowadza się wiązkę światła słonecznego, zapomocą małego okrągłego otworu wywierconego w okiennicy. Światło to oświeca bardzo silnie przedmiot znajdujący się na płycie szklannej i umieszczony na przebiegu promieni światła. W latarni czarnoksięzkiej świa-

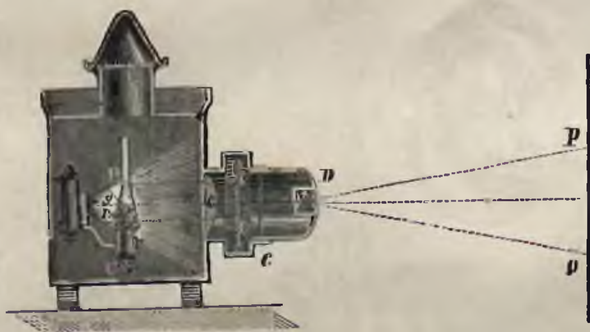


Fig. 72.

tło słoneczne jest zastąpione płomieniem lampy palącej się w głębi skrzyneczki. Soczewka szklanna, utwierdzona w rurce znajdującej się poza przedmiotem, powiększa znacznie ten przedmiot, który w ten sposób zwiększony, pada na białą zasłonę i maluje się na niej. Rozmiary tego obrazu zwiększają się, w miarę oddalenia zasłony.

Dla lepszego zrozumienia tego powinowactwa tych dwóch przyrządów, podajemy tutaj (fig. 72) pionowy przekrój latarni czarnoksięzkiej. W przekroju tym widzimy światło lampy odbijające się na płycie metalowej kształtu wklęsłego *pq*. Światło to, koncentrując się na soczewce C, oświeca silnie przedmiot umieszczony na płycie szklannej *ll*. Soczewka wypukła D, powiększa obraz, a obraz tak powiększony maluje się na zasłonie PQ. W miejsce przesuwania lub odsuwania zasłony, w latarni czarnoksięzkiej soczewka powiększająca jest ruchomą. W tym celu rurka CD daje się wsuwać we wnętrze latarni.

Obraz jaki otrzymujemy zapomocą mikroskopu słonecznego lub latarni czarnoksięzkiej jest znacznie zwiększony ale niewyraźny, a im bardziej rosną jego rozmiary, tem staje się niewyraźniejszym.

W mikroskopie słonecznym zastąpiono światło słoneczne światłem gazu tleno-wodorowego (mięszaniny piorunującej).

W ostatnich czasach oświecono ten przyrząd światłem elektrycznem,

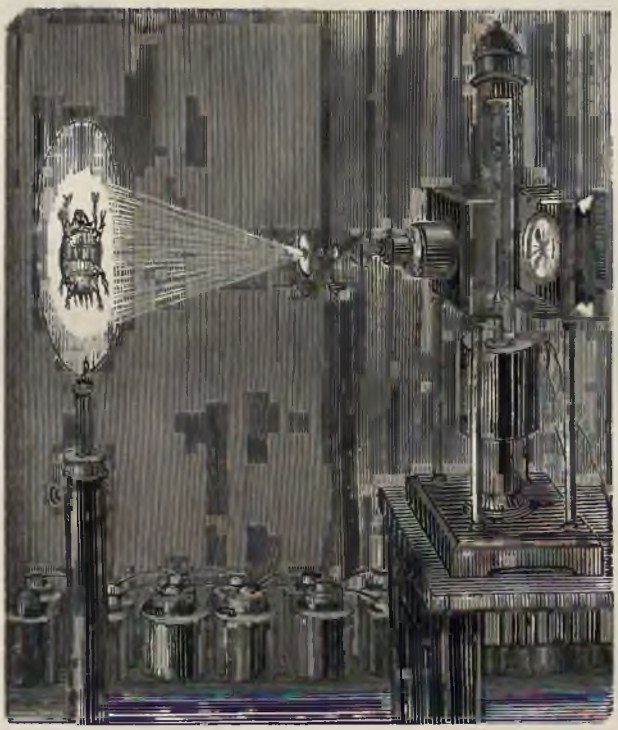


Fig. 73.

i ten sposób jest dzisiaj najbardziej używanym, gdyż pozwala robić doświadczenia wszędzie i o każdym czasie.

Latarnią czarnoksięzką oświeconą światłem elektrycznem nazwano mikroskopem *foto-elektrycznym*. Mikroskop taki przedstawia fig. 73.

Przyrząd ten zupełnie jest podobny do opisanego powyżej, tylko źródłem oświecenia jest w nim światło elektryczne. Prąd elektryczny, wywołany przez bateryą galwaniczną, której dwanaście ogniw widzimy u stóp

przyrządu, wyładowuje się między dwoma ostrzami z węgla, zakończającemi dwa bieguny bateryi i wydaje światło olśniewające. Przedmiot zostaje następnie powiększony przez soczewkę wypukłą, a obraz jego powiększony maluje się na ciemnej płaszczyźnie.

Mikroskop foto-elektryczny używany bywa na publicznych kursach fizyki i chemii, równie jak na konferencyach naukowych, w celu okazania licznym słuchaczom zajmujących zjawisk, których mikroskop dostarczyć może.

VIII.

Barometr.

Zasada barometru: Ciężkość powietrza.—Następstwo ciężkości powietrza.—Historya odkrycia ciężkości powietrza i zbudowania barometru.—Zdanie Galileusza.—Torricelli odkrywa przyczynę wznoszenia się wody w rurach pomp. — Doświadczenia Pascal'a. — Ustrój barometru.—Rozmaite rodzaje barometru.—Użycie barometru.

Powietrze jest gazem bezbarwnym i niewidzialnym; powietrze więc jest ciałem,—a ponieważ wszystkie ciała są ciężkie, więc i powietrze musi posiadać ciężkość.

To co wskazuje rozumowanie, doświadczenie stwierdza najzupełniej.

Weźmy, jak to pokazuje fig. 74, naczynie szklanne formy kulistej, opatrzone w oprawę metalową z kurkiem. Balon ten napełniony powietrzem atmosferycznem, które samo z siebie weń napływa, przyczepmy zapomocą przytwierdzonego doń haczyka, do drugiego haczyka, umieszczonego pod spodem jednej z szalek wagi, a na drugą szalkę nakładźmy ciężarków tyle, ile ich potrzeba dla zrównoważenia ciężaru balonu napełnionego powietrzem. Doprowadziwszy tak wagę do równowagi, odejmijmy balon, a potem, zapomocą machiny znanej w laboratoryach fizycznych pod nazwą *machiny pneumatycznej*, wypompujmy z niego powietrze. Zakręćmy następnie kurek, tak aby powietrze nie mogło się napowrót dostać do balonu, i zawieśmy go nanowo na haczyku u spodu wagi. Przekonamy się wtedy, że równowaga, która istniała kiedy balon był pełny, ginie teraz gdyśmy balon wypróżnili. Dla przywrócenia jej trzeba na szalę u której balon wisi, dorzucić nieco ciężarków. Ciężarki te potrzebne do przywrócenia zepsutej równowagi, reprezentują oczywiście ciężar powietrza usuniętego z balonu zapomocą machiny pneumatycznej. Powietrze więc jest ciężkiem.

Doświadczenie powyższe można przeprowadzić w odwrotnym porządku, a zawsze się przyjdzie do tego samego wniosku. Zacznijmy od wypróżnienia balonu zapomocą machiny pneumatycznej, zakręćmy kurek tak, aby powietrze do wnętrza jego napowrót się nie dostało, zawieśmy ten próżny balon u jednej z szalek wagi i przyprowadźmy tę wagę do równowagi zapomocą pewnej ilości ciężarków umieszczonych na szalce przeciwnej. Następnie odkręćmy kurek od balonu, otwierając doń wolny przystęp powietrzu zewnętrznemu, a zobaczymy, że równowaga na-



Fig. 74.

tychmiast się zepsuje; szalka z balonem pójdzie na dół, gdyż ciężarki na szalce przeciwnej już jej ciężarowi sprostać nie mogą, i trzeba będzie dodać tych ciężarków, aby równowagę przywrócić.

Gdy objętość balonu wynosi akuratnie litr, to ciężar potrzebny do przywrócenia równowagi wynosić będzie 1 gramm i 3 decygrammy, — a więc powietrze jest ciężkie, i litr jego waży 1 gramm i 3 decygrammy.

Ponieważ tedy powietrze jest ciężkie, więc musi na wszystkie ciała istniejące na powierzchni ziemi wywierać pewne ciśnienie. Ziemia, wody i w ogóle wszystkie ciała pozostają pod jednostajnem ciśnieniem powietrza, które na nich spoczywa. Wziąwszy dzwon napełniony powietrzem (fig. 75) i postawiwszy go na powierzchni wody zawartej w wanience, powietrze znajdujące się w dzwonie będzie cisnęło wodę pod dzwonem, ale i inne części płynu, nieprzykryte, poddane będą podobnemuż ciśnieniu.

Jeżeli jednak jakimbądź sposobem usuniemy powietrze z wnętrza dzwonu, np. przez wyssanie, albo jeszcze lepiej zapomocą machiny pneumatycznej, którą bardzo łatwo można przyczepić do otworu zrobionego w górnej części dzwonu, ustanie pod dzwonem ciśnienie powietrza, którego w dzwonie już nie będzie. Tymczasem powietrze zewnętrzne będzie naturalnie ciągle cisnęło na płyn nienakryty dzwonem, a ponieważ ciśnienie to udzielać się będzie płynowi we wszystkich kierunkach, więc zmusi wodę do podniesienia się wewnątrz dzwonu, gdyż wznoszenie się jej nie napotka tam na żaden opór.

Jeżeli w doświadczeniu tem wodę zastąpimy innym płynem, cięższym, naprzykład rtęcią, a zamiast dzwonu weźmiemy rurkę szklanną długą na metr, otwartą na jednym końcu a na drugim zamkniętą kurkiem umieszczonym w oprawie miedzianej, doświadczenie ten sam rezultat wykaże. Zostawiwszy zrazu kurek otwarty, tak aby powietrze miało wolny przystęp do wnętrza rurki, merkuryusz będzie pozostawał w tej samej wysokości na wewnątrz jak i na zewnątrz rurki, ponieważ ciśnienie wywierane na płyn przez powietrze zawarte wewnątrz rurki, będzie takie same jak ciśnienie powietrza na powierzchnią reszty rtęci pozostającej na zewnątrz rurki. Ale jeżeli zapomocą rurki giętkiej, przyprawionej do kurka B, zakończającego wierzch rurki szklannej A (fig. 76), połączymy ten górny koniec rurki A, z machiną pneumatyczną i za jej pomocą wypompujemy powietrze z tej rurki, wtedy wszelkie ciśnienie wewnątrz rurki ustanie;



Fig. 75.



Fig. 76.

a ponieważ powietrze zewnętrzne nie przestanie cisnąć we wszelkich kierunkach na powierzchnię wody, więc ciśnieniem tem, którego nic nie równoważy, zmusi rtęć do podniesienia się w rurce.

W tych warunkach rtęć podnosi się i utrzymuje w wysok. 76 centymetrów przecięciowo, gdyż ciężar całej kolumny powietrza atmosferycznego jest siłą w sam raz wystarczającą do zrównoważenia kolumny rtęci, mającej tę samą powierzchnią a wysokiej na 76 centymetrów.

Można więc powiedzieć, że powietrze na wszystkie ciała umieszczone na powierzchni ziemi wywiera ciśnienie, wyrażające się dokładnie ciężarem kolumny rtęci, mającej 76 centymetrów wysokości, a za podstawę powierzchnią danego ciała.

Mały ten przyrząd, który opisaliśmy powyżej, to jest rurka szklanna spoczywająca nad naczyniem zawierającem rtęć, w której można zrobić próżnią zapomocą machiny pneumatycznej lub innym sposobem, obejmuje w sobie całą zasadę barometru, to jest narzędzia służącego do wskazywania i dokładnego mierzenia ciśnienia, jakie powietrze atmosferyczne wywiera na powierzchnią ziemi i wód. Jakoż barometr jest po prostu rurką szklanną zamkniętą u górnego końca, z której wydalono powietrze, i w której wnętrzu rtęć podnosi się w skutek ciśnienia powietrza atmosferycznego. Zobaczymy dalej, jak to w praktyce, zapomocą bardzo prostego sposobu, wypędza się powietrze z wnętrza rurki barometru. Tutaj poprzestajemy na przedstawieniu głównej zasady, na której się przyrząd ten opiera.

Starożytni mieli pewne nieokreślone pojęcie o ciężkości powietrza. Trudno było wątpić o tym fakcie w obec potężnych rezultatów mechanicznych, jakie wywierają ruchy atmosfery. Same skutki wiatru byłyby wystarczyły do przekonania o jego rzeczywistości; Arystoteles zatem i współcześni mu filozofowie przyjmowali fakt ciężkości powietrza, ale z zasady tej nie umieli wyciągnąć najmniejszej korzyści w celu wyjaśnienia zjawisk przyrody.

Dla wytłómaczenia faktu wznoszenia się wody w rurach pomp ssących, i tego jeszcze prostszego faktu, że w rurce otwartej na obu końcach, gdy włożymy jeden koniec w wodę, a drugim ssiemy, woda idzie w górę, starożytni wymyślili sobie zasadę «wstrętu do próżni». Woda dźwiga się w górę wewnątrz rury u pompy ssącej, wznosi się w rurce otwartej na obu końcach, gdy jeden jej koniec zanurzymy w wodzie, a drugim wciągniemy w siebie z niej powietrze, dla tego, że «natura ma wstręt do próżni» — *natura horret vacuum*, twierdzili mędrcy starożytni. Gdy ruch pompy ssącej wyciągnie z rury powietrze i utworzy tym sposobem w niej próżnią; gdy zapomocą wessania usuniemy powietrze

z rurki drugim końcem zanurzonej w wodzie,—woda—tak dowodzono— rzuca się natychmiast wewnątrz rury, gdyż na świecie nie może istnieć najmniejsza przestrzeń próżna, bo natura próżni nie znosi. To daje przykład wadliwego sposobu, w jaki starożytni, tak znakomici w rozumowaniach o rzeczach oderwanych, zapatrywali się na zjawiska świata fizycznego, i błędnych hipotez, jakie sobie tworzyli dla ich wytłómaczenia.

Scholastyka, czyli filozofia średniowieczna, zachowała także tę dziwną zasadę «wstrętu do próżni», zapożyczoną od starożytnych, zasadę zresztą, która utrzymała się aż do środka wieku XVII.

Około r. 1630, w pałacu wielkiego księcia we Florencyi, studniarze zbudowali pompy w celu dźwignięcia wód z rzeki Arno. Woda nie chciała dosięgnąć otworu, którym miała odpływać; kolumna wody podniesionej sięgała najwyżej stóp trzydziestu dwóch. Zjawisko to znane było zresztą studniarzom, którzy wiedzieli, że woda w rurze pompy ssącej nie może się wznieść wyżej jak na trzydzieści dwie stopy. Świadek tego faktu Galileusz, chcąc go wytłómaczyć, mimo głębokości swego gieniuszu, nie mógł się wyswobodzić z pęt teoryi starożytnych. Nie mając odwagi odrzucić zasadę wstrętu do próżni, wytłómaczył zjawisko to niemal tak samo błędnie, jakby to oni byli uczynili.



Fig. 77. Doświadczenie Torricell'ego.

Torricelli, młody matematyk rzymski, uczeń Galileusza, dowiedziawszy się co ten uczony myślał o przyczynie wznoszenia się wody w rurze pompy, nie był zadowolniony tłómaczeniem swego mistrza. Począł szukać i nareszcie doszedł prawdziwej przyczyny tego zjawiska. Przypisał ją, i słusznie, ciśnieniu powietrza, które działając na wodę, zmusza ją do podnoszenia się w zanurzonej rurze, gdy przestrzeń znajdująca się w niej ponad wodą, pozbawiona zostanie zupełnie powietrza, w skutek działania klap i tłoka w pompie ssącej.

W celu stwierdzenia we własnych oczach tego tłómaczenia, Torricelli zrobił doświadczenie, które stało się początkiem wynalazku barometru.

Fizyk rzymski powiedział sobie, że jeżeli ciśnienie powietrza zewnętrznego jest rzeczywiście przyczyną wznoszenia się wody w rurze niezawierającej powietrza, to toż samo ciśnienie powietrza powinnoby

dźwignąć inny płyn, nawet cięższy od wody, do wysokości mniejszej niż wodę. Ponieważ rtęć jest czternaście razy cięższą od wody, Torricelli obliczył, że ciśnienie powietrza zewnętrznego powinnoby utrzymać rtęć w rurce na wysokości czternaście razy mniejszej, to jest na wysokości tylko dwudziestu ośmiu cali. Wziął więc rurkę szklaną trzydzieści cali wysoką, napełnił ją rtęcią, zatkał palcem rurkę pełną i wstawiwszy ją w naczynie z merkuryuszem, jak to pokazuje fig 77, odjął palec. Wówczas z niemałem zadowolnieniem ujrzał, że w tak przyrządzonej rurce, rtęć wzniosła się akurat do wysokości dwudziestu ośmiu cali, tak jak mu to wskazała teorya.

Doświadczenie to nie pozostawiało żadnej wątpliwości, iż wznoszenie się wody w rurze próżnej do wysokości trzydziestu dwóch stóp działo się w skutek ciśnienia powietrza, gdyż u innego płynu, wysokość kolumny podniesionej ciśnienieniem atmosfery, miała się w stosunku odwrotnym do gęstości tego płynu.

Blaise Pascal, znakomity filozof francuzki, okrył się sławą, wyjaśniwszy dokładnie wielkie zjawisko ciężkości powietrza, wykazawszy wszystkim jawnie ciśnienie, jakie powietrze wywiera na płyny istniejące na powierzchni kuli ziemskiej, i wytłómaczywszy tym sposobem mnóstwo zjawisk w przyrodzie, których przyczyny dotąd wyśledzić nie było podobna.

Powziąwszy wiadomość w r. 1646 o doświadczeniu Torricellego, Blaise Pascal powtórzył je w Rouen wspólnie z przyjacielem swoim, niejakim Petit, intendentem fortyfikacyj miejskich. Rozszerzywszy to doświadczenie i powprowadzawszy w nie rozmaite zmiany, Pascal zaczął podzielać przekonanie Torricellego. Uważając jednak doświadczenie Torricellego za zbyt pośredni dowód ciężkości powietrza, powziął gienialny pomysł innego doświadczenia, zupełnie stanowczego w tej mierze.

«Wymyśliłem,—pisał Pascal 15 listopada 1647 r. do szwagra swego Périer'a,—doświadczenie, które jedynie zdoła nam dostarczyć światła, którego szukamy, jeżeli będzie mogło być wykonane dokładnie. Mówię tu o doświadczeniu zwyczajnem z próżnią, wykonanem kilka razy tego samego dnia, w tej samej rurce, z tąż samą rtęcią, już to u stóp, już na szczycie góry, na sześćset albo pięćset najmniej sążni wysokiej, w celu przekonania się, czy wysokość słupka rtęci wzniesionej w rurce będzie jednaka, czy też rozmaita w tych dwóch położeniach. Pojmujesz już bezwątpienia, że doświadczenie to będzie rozstrzygającem w tej kwestyi, i że, jeżeli się pokaże, że wysokość rtęci mniejszą będzie na górze niż u stóp góry (jak ja z wielu powodów mniemam, chociaż wszyscy ci co się nad tem zastanawiali są przeciwnego zdania), wyniknie z tego nieodwołalnie, że ciężkość i ciśnienie powietrza jest jedyną przyczyną tego wzno-

szenia się rtęci, a nie wstręt do próżni;—albowiem pewną jest rzeczą, iż daleko więcej jest powietrza ciążącego na spód góry, aniżeli na jej wierzchołek, kiedy tymczasem trudnoby było utrzymywać, że natura większy ma wstręt do próżni u stóp góry, niż na jej wierzchołku.»

Pascal wybrał górę Puy-de-Dôme, leżącą niedaleko Clermont'u, w Auvernii, wysoką przeszło na pięćset sążni, do sprawdzenia faktu zniżania się kolumny rtęci w rurce Torricellego, w miarę wysokości miejsca.

Ważnego tego doświadczenia dokonał 20 września 1648 r. szwagier Pascal'a, Périer. Rezultat jego był taki, jak przewidywał Pascal. U stóp góry Puy-de-Dôme, wysokość rtęci w rurce Torricellego wynosiła dwadzieścia sześć cali, trzy i pół linij; na wierzchołku wysokość ta wskazywała tylko dwadzieścia trzy cale i dwie linie; było więc trzy cale i półtorej linii różnicy między dwoma wysokościami rtęci, u dołu a na wierzchołku góry.

Wspaniałe to doświadczenie powtórzył niebawem sam Pascal w Paryżu, i zmierzywszy wysokość rtęci w rurce Torricellego u stóp i na szczycie wieży kościoła Saint-Jacques la Boucherie, mającej wtedy dwadzieścia pięć sążni wysokości, znalazł różnicę przeszło dwie linie między temi dwoma pomiarami.

Ku pamięci to tego sławnego doświadczenia, w r. 1856 miasto Paryż kazało wznieść posąg Pascal'a u stóp wspomnianej wieży, na ulicy Rivoli.

Doświadczenia Pascal'a stwierdzają jawnie fakt ciśnienia powietrza i wyjaśniają mnóstwo zjawisk przyrodzonych: wznoszenie się wody w rurach pomp, działanie tłoka, miecha, fizycznych zjawisk oddychania zwierząt i t. p.

Rurka Torricellego, której Pascal używał do swoich doświadczeń, używana była odtąd, bez żadnej zmiany w swym kształcie, jako sposób mierzenia ciśnienia powietrza atmosferycznego. Narzędzie noszące dziś nazwę *barometru*, w zasadzie niczem się nie różni od tego, którego używali Torricelli i Pascal.

* * *

Dwojaki może być układ barometru: *wanienkowy* i *dwuramienny*, a obudwu używał już Pascal. Drugi układ jest wygodniejszy i łatwiejszy do przenoszenia.

Barometr wanienkowy. Chcąc złożyć barometr wanienkowy, bierze się rurkę szklanną około 80 centym. długą a 5 — 6 milimetrów wewnętrznej średnicy mającą, na jednym końcu zalutowaną. Rurkę tę napełnia się mniej więcej do połowy rtęcią, i kładzie się ją na pochylonym ruszcie, na którym rozsypane są węgle żarzące. Rtęć wrzeć zaczyna,

a wyziewy wrzącego kruszcu wypędzają małą ilość powietrza i wilgoci, mogącą się znajdować w rurce lub kruszcu. Gdy rtęć ochłodnie, napełnia się nią rurkę do reszty i wprawia się w stan wrzenia znów tę nową kolumnę, nie ogrzewając już tej części, która się poprzednio gotowała. Tym sposobem wypędza się wszystko powietrze i wszystką wilgoć, przylegające do rtęci lub do ścian rurki.

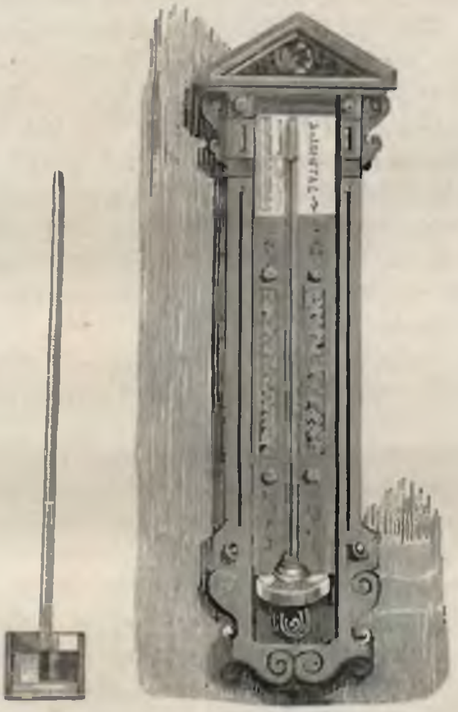


Fig. 78.

Gdy rurka zostanie tak napełnioną merkuryuszem, po zupełnem oczyszczeniu z powietrza i wilgoci, przewraca się ją otworem na dół, i trzymając zatkaną palcem, wstawia się ją tym końcem w naczynie czyli wanienkę napełnioną suchą rtęcią (fig. 78). Ponieważ powietrze wypędzone zostało z rurki przez rtęć, która ją wypełniała całą, więc rtęć opada w niej nieco, ale zawsze utrzymuje się w pewnej wysokości, ponad

którą nie ma powietrza, i gdzie panuje zupełna próżnia, zwana tutaj *próżnią barometryczną.*

Wtedy rurka i naczyńko w którem ona spoczywa, przytwierdzają się do deseczki, na której znajduje się skala podzielona na milimetry, i której przeznaczeniem jest: wskazywać jaknajdokładniej wysokość kolumny rtęci po nad poziomem jej w wanience. Wysokość ta przedstawia i wymierza ciśnienie powietrza, i to jest właściwym celem tego przyrządu. Wysokość kolumny rtęci, zmieniająca się według stanu atmosfery, wynosi



Fig. 79.



Fig. 80.

w przecięciu 76 centymetrów; może ona się zmieniać od 750 do 775 milimetrów w tem samem miejscu, i w wysokości nie wyniesionej nad poziom morza.

Barometr dwuramienny. Wskazówki barometru wanienkowego nie są zupełnie dokładnemi, gdy przyrząd ten ma kształt wyżej opisany. Jakoż, gdy w skutek zwiększonego ciśnienia powietrza, rtęć podnosi się w rurce, zniża się poziom rtęci w wanience. Przez to dzieje się, że zero, to jest najniższy punkt na skali, nie jest dokładnie oznaczonem. Znajdu-

je on się po nad wysokością, którą powinienby zajmować. W celu zapobieżenia tej wielkiej niedogodności, nadano barometrowi inny układ, zwany dwuramiennym, który wymyślił Pascal.

Barometr dwuramienny stanowi rurka o dwóch ramionach, zakrzywionych i nierównych: ramie krótsze jest otwarte i wystawione na ciśnienie powietrza; dłuższe jest zalutowane i ma wysokości około 80 centymetrów.

Dla zrozumienia tego kształtu barometru, trzeba sobie przypomnieć prawo fizyczne, że gdy dwa płyny niejednakiej gęstości objęte zostaną w dwóch naczyniach będących z sobą w połączeniu, wysokości tych dwóch płynów w dwóch naczyniach, mają się w stosunku odwrotnym do gęstości płynów.

Rurkę *bac* (fig. 79) można uważać jako naczynie zawierające w sobie dwa płyny rozmaitej gęstości: w dłuższem ramieniu rtęć, a w krótszem powietrze atmosferyczne, to jest kolumnę powietrza, mającą za podstawę powierzchnią *b*, a za wysokość, wysokość kolumny atmosferycznej. W miarę zmian w gęstości powietrza, a przez to i w sile jego ciśnienia, będzie się też zmieniała wysokość kolumny rtęci w ramieniu dłuższem, a tem samem będzie wskazywała miarę tegoż ciśnienia.

Na barometrze dwuramiennym (fig. 80) podziałka umieszczona przy rurce szklannej nie wskazuje wprost ciśnienia atmosferycznego; trzeba wziąść wysokość *mc* rtęci w ramieniu dłuższem, i wysokość *mb* rtęci w ramieniu krótszem, i odjąć tę ostatnią ilość od pierwszej; różnica tych dwóch cyfer przedstawia ciśnienie powietrza wyrażone w milimetrach.

Barometr zegarowy, wymyślony przez fizyka angielskiego Roberta Hooke, w drugiej połowie XVII wieku, jest to barometr dwuramienny, tak urządzony, żeby zapomocą wskazówki poruszającej się po cyferblacie, mógł oznaczać na zewnątrz ruchy rtęci, odpowiadające zmianom ciśnienia powietrza. Na rtęci w ramieniu krótszem, pływa cylinder żelazny dokładnie zrównoważony ciężarkiem. Cylinder ten uwiązany jest na nitce, okręconej na bloczku. W miarę jak rtęć wznosi się lub opada, bloczek obraca się to w tę, to w ową stronę, a skazówka, przytwierdzona do tegoż bloczka, porusza się na cyferblacie, którego obwód podzielony jest na stopnie.

Fig. 81 przedstawia barometr z cyferblatem pokazany z tyłu, wraz z żelaznym pływakiem i bloczkiem, dla zrozumienia przyrządu, na którym polegają wskazówki tego narzędzia. Fig. 82 przedstawia barometr ten oprawny w ten sposób, że rurka jego szklanna i mechanizm są zakryte. Na zewnątrz widać tylko wskazówkę zaznaczającą zmiany, do których mierzenia barometr jest przeznaczony.

Powszechnem jest mniemanie, że powietrze bardzo suche, że atmosfera bardzo czysta, to jest pogoda, sprawia podniesienie się kolumny czyli słupka barometrycznego, a że przeciwnie deszcz i wilgoć obniżają barometr. Tego rodzaju też wskazówki widzimy na barometrach. Są one częstokroć prawdziwe, gdyż powietrze napełnione parą wodną traci na gęstości, albowiem para wodna lżejszą jest od powietrza (¹), a przez to samo mniejsze wywiera ciśnienie na rtęć zawartą w zbiorniku, — i dla tego

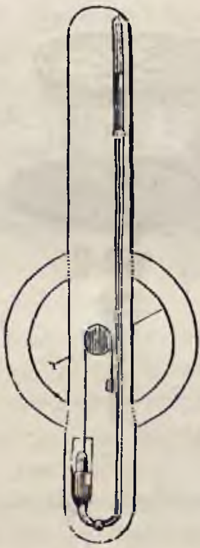


Fig. 81.



Fig. 82.

rtęć w rurce opada. Ale ponieważ wiele innych wpływów, a mianowicie wiatry, działają na zmiany słupka barometrycznego,— więc wskazówki te zawodzą także często.

(¹) Widzieliśmy już, że litr powietrza waży 1,3 gr., litr pary wodnej waży tylko 0,81 gr., czyli mówiąc innemi słowy: wziąwszy za 1 gęstość czyli ciężar gatunkowy powietrza, gęstość czyli ciężar gatunkowy pary wodnej będzie 0,62 gr. Para wodna zatem jest blisko o połowę lżejszą od powietrza, przy równej objętości.

Błędem byłoby sądzić, że główny użytek barometru zasadza się na jego przepowiedniach zmian atmosferycznych, to jest pogody i deszczu. Jestto użytek podrzędny i nie mający w sobie znaczenia naukowego. Prawdziwem zadaniem barometru jest ocenienie ciśnienia, to jest ciężkości powietrza, i wykazanie ciągłych zmian jakie zachodzą w tem ciśnieniu. Znać te zmiany, jest rzeczą konieczną zarówno do doświadczeń fizyków



Fig. 83.



Fig. 84.

zajmujących się mierzeniem gazów, jak do poznania zjawisk atmosferycznych na kuli ziemskiej.

Barometr służy jeszcze także do mierzenia wysokości gór. Jakoż im wyżej wznosimy się nad powierzchnią ziemi, tem mniejsze ciśnienie wywiera na nas kolumna powietrza wśród którego się znajdujemy, gdyż massa jego się zmniejsza. Tak więc barometr, wskazujący wielkość ciśnienia powietrza, może również służyć do oznaczenia wysokości miejsc. Jestto ważne zastosowanie tego narzędzia.

Z tych samych powodów barometr służy żeglarzom napowietrznym,

unoszącym się w balonie, do rozpoznania wysokości do jakiej się wznieśli w atmosferę. Gdy balon się podnosi, rtęć w barometrze opada; gdy balon spuszcza się na dół, barometr się podnosi.

Do obserwacyj barometrycznych w ciągu podróży, nadano barometrowi wanienkowemu osobny układ, który ułatwia przewożenie i przenoszenie go z miejsca na miejsce. Barometr w tym celu urządzony zowie się *barometrem Fortin'a*, od nazwiska fizyka, wynalazcy tego układu.

Rurka szklanna, zawierająca rtęć, zamknięta jest w futerale mosiężnym, który tylko przez szparę zrobioną w górnej jego części, dozwala widzieć słupek rtęciowy. Tam też umieszczona jest podziałka służąca do mierzenia wysokości słupka barometrycznego. Narzędzie to objęte jest trzema drewnianemi niby klepkami, wydrążonemi od wewnątrz, które gdy są złożone chronią narzędzie od stłuczenia lub złamania w czasie podróży; w razie zaś potrzeby rozkładają się i służą za wygodny trójnóg, na którym zawiesza się barometr podczas obserwacyj (fig. 83).

Pozostaje nam jeszcze do pomówienia o barometrach nowego systemu, zwanych *aneroidami*, to jest barometrami bezpowietrznemi.

Żeby zrozumieć zasadę tego przyrządu, trzeba sobie przypomnieć doświadczenie z pęcherzem, przedstawiane zwykle na wykładach fizyki. Naczynie szklanne otwarte u góry i u dołu, czyli bez dna i bez pokrywy, przykrywa się kawałkiem pęcherza, który się przymocowuje silnie do boków naczynia, okręcając go mocno kilkakrotnie sznurkiem. Następnie naczynie to, tak jak widzimy na figurze 84, stawia się na talerzu machiny pneumatycznej i wypompowuje się zeń powietrze. W skutek tego usunięcia powietrza z pod pęcherza, ciśnienie atmosfery zewnętrznej na pęcherz rozdziera go, a powietrze wpada w naczynie z wielkim hałasem.

Doświadczenie to ułatwi nam zrozumienie zasady, na której polegają *aneroidy*, wynalezione w r. 1860 w Nantes, przez adwokata tamtejszego nazwiskiem Vidi.

Przyrządza się rodzaj bębenka, którego pokrywa wierzchnia, równie jak ściany jego, jest metalowa, tylko że bardzo cienka. Wypompowawszy powietrze z bębenka, pokrywa jego wierzchnia ugnie się pod ciężarem atmosfery zewnętrznej. Próżnia jednak pod bębenkiem nie jest zupełną a ściany jego są do tyla mocne, że nie pękną pod ciśnieniem powietrza; błona zaś metalowa jest tak czułą na wszystkie zmiany ciężkości powietrza, że zaklęsa lub podnosi się, w miarę zwiększania

się lub zmniejszania ciśnienia atmosferycznego. Za pomocą igły mocno i kilkakrotnie ślimakowato skręconej, rozszerzają się ruchy wznoszącej się i opadającej pokrywy metalowej, a koniec tej igły wskazuje ruchy błony na cyferblacie z podziałką.

Figura 85 przedstawia właśnie barometr wynalazku Vidi'ego. Na cyferblacie wypisane są wskazówki pogody, burzy i t. p., które według



Fig. 85.

powszechnego mniemania, mają odpowiadać zmianom barometru; atoli przepowiednie te przyjmować należy jedynie z wyżej poczynionemi zastrzeżeniami.

Stopnie na podziałce barometru bezpowietrznego regulowane bywają przez porównanie ze stopniami barometru wanienkowego, a nie bezpośrednio, jakby można sobie wyobrażać.

Barometr bezpowietrzny zastępuje barometr zegarowy, gdy idzie

o ogólne wskazówki zmian ciśnienia powietrza. Jest o wiele lżejszy, łatwiejszy do przenoszenia od barometru zegarowego, nie psuje się jak tamten. Ale na tem ograniczają się jego zalety i użyteczność. Przy doświadczeniach naukowych nie jest w stanie zastąpić barometru wanienkowego lub dwuramiennego.

XIII.

Termometr.

Korneliusz Drebbel wynalazca termometru. — Akademia *del Cimento* udoskonala termometr Drebbela. — Przyjęcie punktów stałych przy podziałce termometru. — Termometr Newtona. — Termometr Amontons'a. — Termometr Fahrenheita. — Termometr Réaumur'a. — Termometr stustopniowy. — Sposób budowania termometrów. — Podziałka. — Termometr alkoholowy. — Termometr powietrzny i termometr metalowy.

Termometr, narzędzie służące do mierzenia zmian ciepła, jest wynalazkiem nowożytnym, gdyż zasady na których spoczywają jego budowa i jego użycie, należą do zakresu fizyki teoretycznej, umiejętności, której starożytni zupełnie nie znali. Jakoż pierwszy termometr zbudowany został w pierwszych latach siedemnastego wieku, to jest w epoce rzeczywistego narodzenia się nowoczesnych umiejętności fizycznych. Korneliusz Drebbel, uczony hollenderski, zmarły w 1634 r., był wynalazcą tego narzędzia, którego po raz pierwszy zaczęto używać w Niemczech w r. 1621.

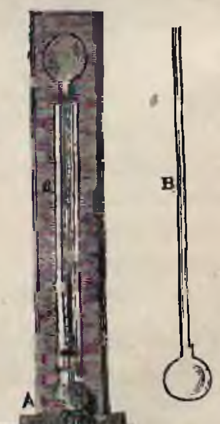


Fig. 86.

Przyrząd Drebbela był jednak bardzo jeszcze niedokładny; był to raczej zawiązek termometru a nie termometr. Składał się on ze zwyczajnej rurki szklannej B (fig. 86), zamkniętej w górnym końcu i zawierającej w sobie powietrze. Rurka ta otwartym swoim końcem zanurzona była prostopadle w płynie A. W skutek zmian temperatury powietrza ze-

wnętrznego, płyn ten A, wznosił się lub obniżał wewnątrz rurki B. Linijka opatrzona w podziały równe, umieszczone wzdłuż rurki, oznaczała stopnie tego narzędzia.

Wskazówki termometru Drebbela nie miały w sobie nic naukowego; podziałka jego zupełnie dowolna, nie była oparta na żadnej ścisłej zasadzie.

W siedemnastym wieku istniało we Florencyi stowarzyszenie naukowe, złożone z fizyków znakomitych; zwało się ono Akademią *del Cimento* i było jednem z najpierwszych towarzystw naukowych w Europie. Rozmaici członkowie tej akademii udoskonalili narzędzie wynalezione przez Drebbela. Naczyńko z płynem, w którem zanurzona była rurka Drebbela, usunięto, a wszystek płyn umieszczono w rurce szklannej, zamkniętej na obu końcach. Tym sposobem, ciałem przeznaczonem w skutek swego rozszerzania się, do wskazywania zmian w temperaturze, nie było już powietrze, jak w termometrze holenderskim, ale płyn,—a zmiana ta sprawiła zupełny przewrot w tem narzędziu.

Płynem, który przyjęli akademicy *del Cimento*, był alkohol, zabarwiony nieco karminem. Przy urządzeniu podziałki termometrycznej, przyjęto stały punkt wyjścia, którym była wysokość na jakiej zatrzymał się alkohol, kiedy narzędzie umieszczono w piwnicy, jako miejscu w którem temperatura jest zawsze mniej więcej jednaka, bez względu na porę roku, byleby to było w granicach jednego kraju. Następnie część rurki będącą ponad tym punktem, dzielono na sto stopni równych, i również na 100 równych stopni część rurki pozostającą poniżej tego punktu.

Termometr Akademii *del Cimento* używany był przez fizyków przez znaczną część XVII wieku; przedstawiał on jednak jedną wadę zasadniczą, a tą była jego podziałka, której punkt wyjścia był dowolny, gdyż temperatura piwnicy nie jest tak stałą, za jaką ją mieli fizycy włoscy, zmienia się bowiem o kilka stopni w rozmaitych krajach. Ztąd wynikło to, że narzędzia używane przez fizyków w rozmaitych częściach świata nie dały się ze sobą porównać, to jest nie oznaczały jednakiego stopnia temperatury. Trzeba było koniecznie wynaleźć i przyjąć jako podstawę podziałki termometrycznej punkt stały, oparty na zjawisku naturalnem, a zatem łatwy do oznaczenia na każdem miejscu. Renaldini, professor padewski, pierwszy wykazał potrzebę odrzucenia w budowie barometru wszelkiego punktu wyjścia dowolnego i zmiennego, i zaproponował przyjęcie *punktów stałych* dla podziałki tego narzędzia.

Renaldini, który doskonale wykazał teoretyczną zasadę potrzeby punktów stałych, bardzo niedokładnie zdołał ważną tę myśl urzeczywi-

stnić w praktyce. Dopiero Newton w r. 1701 zrobił pierwszy termometr ze wskazówkami zdatnemi do porównań. Odtąd termometr ten znany był pod nazwą *termometru Newtona.*

Termometr Newtona był rurką szklanną zupełnie oczyszczoną z powietrza, zamkniętą u góry a u dołu zakończoną zbiornikiem kulistym lub walcowatym. Rurka ta napełniona była olejem lnianym, który wznosił się mniej więcej do połowy rurki. Punktami stałemi tego narzędzia były: jako kres najwyższy temperatura ciała ludzkiego, która jest prawie jednakową pod wszystkiemi szerokościami geograficznemi i we wszystkich klimatach; a jako kres najniższy, punkt, na którym stawał płyn, gdy narzędzie trzymano w śniegu. Przestrzeń między temi dwoma punktami stałemi dzielono na dwanaście części, i podziały te przedłużano powyżej i poniżej owych dwóch punktów.

Wilhelm Amontons, zdolny fizyk francuzki XVII wieku, członek Akademii Umiejętności paryzkiej, zaproponował zamiast termometru Newtona, użycie *termometru powietrznego.* Był to powrót do układu Drebbela. Amontons za punkt najwyższy swego termometru przyjął temperaturę wody wrzącej, którą pierwszy uznał za punkt bezwzględnie stały.

Termometr powietrzny Amontons'a wielkie oddał fizykom usługi. Tylko, ponieważ gazy rozszerzają się bardzo od gorąca, więc stopnie tego narzędzia zajmowały wielką przestrzeń, co zmuszało do nadania przyrządowi długości niedogodnej przy doświadczeniach. Oprócz tego punkt stały dolny nie posiadał takiej stałości, jakiej wymagają dokładność i potrzeba porównania obserwacyj, był nim bowiem zawsze punkt przyjęty przez Newtona, to jest stopień zimna właściwy śniegowi;—a ponieważ śnieg, według rozmaitych okoliczności, zmienia swoją temperaturę, więc punkt ten wyjścia nie przedstawiał pożądanej dokładności.

Gabryel Fahrenheit, fabrykant narzędzi w Gdańsku, zaprowadził nader szczęśliwą zmianę w termometrze Newtona, używszy rtęci w miejsce oliwy używanej przez fizyka angielskiego, i przyjmując za punkt stały temperaturę wody wrzącej, jako punkt niezaprzeczenie fizycznie dokładny, zapożyczywszy go z termometru powietrznego Amontons'a.

Fahrenheit zaczął wyrabiać swoje termometry w r. 1714. W pierwszych termometrach które z rąk jego wyszły, używał mechanik gdański alkoholu, jako płynu termometrycznego; lecz w kilka lat później, zaczął używać wyłącznie rtęci, jako płynu przedstawiającego niezaprzeczone korzyści w mierzeniu gorąca, z powodu jednostajności w rozszerzaniu się, i dla tego, że rtęć zaczyna wrzeć dopiero przy bardzo wysokiej temperaturze, co pozwala jej użyć do mierzenia temperatur najwyższych.

Termometr Fahrenheita składał się z rurki szklannej, zalutowanej u góry, a u dołu zakończonej zbiornikiem i zawierającej w sobie rtęć. Punktem najwyższym był punkt, w którym rtęć zatrzymywała się, gdy instrument umieszczono w parze wody wrzącej; punktem zaś dolnym był punkt, w którym rtęć zatrzymywała się, kiedy narzędzie trzymano w pewnej mięszaninie oziębiającej, złożonej ze śniegu i z soli amoniackiej, mięszaninie zresztą, której stosunek artysta niemiecki zachowywał w tajemnicy. Przestrzeń między temi dwoma punktami podzielona była na 212 części równych, które przedstawiały stopnie termometru.

Termometr Fahrenheita używany jest po dziś dzień w Niemczech i w Anglii.

Ponieważ sposób oznaczania punktu dolnego, czyli zera termometru Fahrenheita, nie był wiadomy nikomu, oprócz fabrykanta niemieckiego, przeto Réaumur, fizyk i naturalista francuzki, członek królewskiej akademii umiejętności w Paryżu, około r. 1730 zapronował przyjęcie punktu *lodu topniejącego* za zero na termometrze i podzielenie na 80 części przestrzeni zawartej między temi dwoma punktami. Od r. 1750 termometr Réaumura wszedł w powszechnie używanie we Francyi.

Szwed Celsius, fizyk z Upsali, w r. 1741 zaproponował podział na 100 części równych, w miejsce 80 stopni podziałki Réaumura. Od tego czasu termometr nie uległ już żadnym zmianom, tyczącym się zasady jego konstrukcyi.

Dziś stustopniowy termometr jest wyłącznie używanym we Francyi.

*
* *

Sposób przyrządzania termometru jest następujący:

Bierze się rurkę szklanną o średnicy wewnętrznej nadzwyczaj małej, zwanej *włoskowatą*, to jest nie przechodzącej grubości włosa. Zapomocą odpowiednich sposobów, przekonać się przedewszystkiem trzeba, że kanał wewnętrzny wszędzie jest równy, a to dla tego, aby stopnie które się później naznaczy na tej rurce, zawierały między sobą zupełnie równe objętości rtęci. Przekonawszy się, że otwór rurki wewnętrzny na całej jej długości posiada równe rozmiary, wydyma się na jej końcu bańkę, albo też stapia się z nią kawałek rurki z otworem o większej średnicy, a wtedy narzędzie przybiera jeden z kształtów przedstawionych na figurze 87.

Teraz idzie o to, żeby w rurkę tę wprowadzić płyn termometryczny. Czynność ta przedstawia pewne trudności, gdyż nadzwyczajna szczupłość średnicy rurki, nie pozwala na wlanie w nią rtęci wprost, naprzykład zapomocą lejka. Rurka ta jest tak ciasna, że powietrze i rtęć nie mogą się

w niej poruszać jednocześnie, tak aby powietrze wyszło a rtęć weszła na jego miejsce. Oto jeden ze sposobów, używanych w celu wprowadzenia rtęci w rurkę włoskowatą termometru.

Rezerwoar rurki rozgrzewa się nad lampą spirytusową. Powietrze w niej zawarte, rozszerzając się znacznie pod działaniem gorąca, wybiega z rurki, która w końcu, przy tej temperaturze, zawiera już tylko powietrze nadzwyczaj rozrzedzone, a więc bardzo mało rozprężliwe. Wtedy otwarty koniec rurki, gorącej jeszcze, zanurza się w rtęci, którą chcemy wewnątrz wprowadzić, tak jak to przedstawia fig. 88. Przez oziębienie, powietrze zawarte w rurce traci swoją sprężystość, i nie jest w stanie zrównoważyć ciśnienia atmosfery zewnętrznej, która, działając teraz tak jak

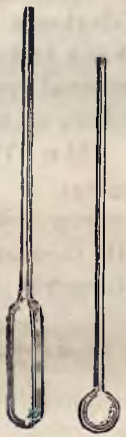


Fig. 87.



Fig. 88.

w barometrze, zmusza rtęć ciśnieniem swojem do wzniesienia się wewnątrz rurki termometrycznej. Gdy podniesiemy rurkę, ta trocha rtęci wprowadzona do rurki spada do rezerwoaru. Powtarza się więc tę czynność kilka razy, w celu wprowadzenia do rurki większej ilości rtęci. Następnie, zapomocą lampki spirytusowej wprowadza się w stan wrzenia rtęć zajmującą część rezerwoaru; wyziewy rtęci, wydobywające się przy wrzeniu tego płynu, wypędzają zupełnie z rurki powietrze i zajmują jego miejsce. Jeżeli wtedy zanurzymy na nowo otwarty koniec rurki w kąpieli rtęciowej, wyziewy rtęci, skroplone w skutek oziębienia wnętrza rurki, pozostawiają w niej próżnię, a ciśnienie powietrza atmosferycznego wpycha rtęć we wnętrze rurki, która w ten sposób zostaje całkowicie wypełnioną.

Idzie teraz o to, żeby zatkać rurkę, nie dopuszczając do niej ani

odrobiny powietrza, gdyż, jeśliby w niej pozostała go choć trocha, ta trocha przeszkadzała by ruchom rtęci w skończonem już narzędziu. W tym celu rozgrzewa się zapomocą lampki spirytusowej zbiornik zawierający w sobie rtęć. W skutek gorąca, kruszec się rozszerza, a dzięki temu zwiększeniu się jego objętości, wypełnia całe wnętrze rurki, a nawet przelewa się nieco na zewnątrz. W tej chwili, to jest gdy rurka jest całkowicie wypełnioną rtęcią, zapomocą lampki i dmuchawki złotniczej puszcza się płomień na koniec szkła, które się topi i zamyka tym sposobem otwór rurki, wciąż wypełnionej rtęcią. Po ochłodnięciu narzędzia, rtęć powróciwszy w skutek oziębienia do pierwotnej swojej objętości, zajmuje już tylko mniej więcej połowę rurki, i zostawia tym sposobem dosyć miejsca dla zmian słupka rtęciowego. Ponieważ przestrzeń wolna ponad słupkiem



Fig. 89.



Fig. 90.

termometrycznym jest zupełnie próżną, bo jest pozbawioną powietrza, więc kruszec nie może napotkać na żaden opór, stawający na drodze ruchom jego, powstającym w skutek rozszerzania się jego i kurczenia.

Pozostaje już tylko oznaczenie podziałki, to jest podzielenie tak zbudowanego termometru na części równe. Punkt dolny czyli zero oznacza się zapomocą lodu topniejącego.

W naczynie napełnione lodem potłuczonym i urządzone tak jak to wskazuje fig. 89, wkłada się termometr do połowy wysokości swej rurki. Po kwadransie, zaznacza się ostrym dyamentem punkt, w którym rtęć się zatrzymała: to będzie zero termometru.

Punkt górny otrzymuje się, wystawiając rurkę na temperaturę nie samej wody wrzącej, gdyż rozmaite takiej wody warstwy niejednaką tem-

peraturę posiadają (niższe gorętszemi są od wyższych),—ale na działanie pary wody wrzącej, której temperatura, przy zachowaniu odpowiednich warunków fizycznych, zawsze jest ta sama.

Figura 90 przedstawia naczynie na parę, używane do uzyskania górnego punktu termometru. Widzimy, że za pomocą korka przez który przechodzi, rurka narzędzia zawieszoną jest ponad pewnym rodzajem puszki metalowej AB, nad którą wznosi się rura CD. Pewna ilość wody zawartej w puszce AB, umieszczonej ponad piecem w którym się pali, dostarcza pary, która napełnia rurę CD, w której termometr jest zawieszony. Po dziesięciu mniej więcej minutach, słupek rtęci zatrzymuje się stale, doszedłszy do pewnego punktu; ten punkt zaznacza się dyamentem, i to będzie najwyższy stopień podziałki termometrycznej.



Fig. 91.

Ostatnia czynność polega na podzieleniu na 100 części równych przestrzeni zawartej między dwoma punktami stałemi. Czasami, i to jest sposób najdokładniejszy, podziały te znaczą się na samej rurce narzędzia; termometry używane w laboratoryach fizycznych i chemicznych mają zawsze podziałkę na szkle. Ale przy termometrach pokojowych, podziałka oznaczona bywa zwykle na deseczce drewnianej lub płycie metalowej albo porcelanowej. Zaznacza się na niej zero naprost kreski zrobionej dyamentem, odpowiadającej lodowi topniejącemu; 100tny stopień zaś naprost punktu odpowiadającego temperaturze wody wrzącej. Następnie, zapomocą maszynki do robienia podziałów, dzieli się przestrzeń pomiędzy niemi leżącą na 100 części równych, które przedstawiać będą stopnie termometru, a jeżeli tego potrzeba, przedłuża się te same podziały powyżej i poniżej tych dwóch punktów.

Termometr alkoholowy robi się prawie tak samo jak rtęciowy, tylko przy zaznaczaniu podziałki tego narzędzia inaczej postąpić sobie trzeba. Alkohol nie posiada tak jak rtęć szacownej własności rozszerzania się jednostajnie między zerem i 100 stopniami, to jest powiększania swej obję-

tości akuratnie w miarę gorąca jakie pochłania. Nieregularność rozszerzania się alkoholu zniewala do użycia dobrego termometru rtęciowego, w celu ustanowienia na budującym się termometrze alkoholowym pewnej liczby punktów, odpowiadających temperaturom odległym od siebie o ośm do dziesięciu stopni. Następnie dopiero odległości między temi punktami oznaczonemi zapomocą termometru rtęciowego, dzieli się na równe części.

Ztąd widzimy, że wskazówki termometru alkoholowego daleko mniej ścisłemi być mogą aniżeli wskazówki termometru rtęciowego. Do tego więc ostatniego narzędzia uciekać się trzeba zawsze, ilekroć idzie o dokładne wymierzenie temperatury ciał. Termometr jednak alkoholowy



Fig. 92.

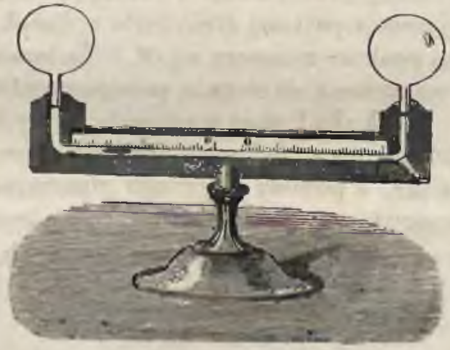


Fig 93.

ma wyższość nad termometrem rtęciowym, gdy idzie o wymierzenie temperatur bardzo nizkich. Merkuryusz marznie przy 39 stopniach poniżej zera; alkohol przeciwnie nie zamarza nigdy. Termometr więc alkoholowy jest jedynem narzędziem, zapomocą którego można pomierzać temperatury znacznie niższe od zera.

Tak więc, jak to widzieliśmy, w termometrach najwięcej używanych, do wskazywania stopni temperatury służą płyny, mianowicie rtęć i alkohol. Jednakże fizycy używają niekiedy termometrów, złożonych z gazów, a nawet z ciał stałych; *termometr powietrzny* dość często bywa używany do badań przez fizyków; wymyślono też *termometr metaliczny*, chociaż ten używa się bardzo rzadko.

Termometr powietrzny składa się z rurki dwa razy zagiętej, i na

każdym końcu zamkniętej kulką napełnioną powietrzem, równie jak reszta rurki. Istnieją dwie odmiany tego narzędzia: *termometr powietrzny Leslie'go* i także *termometr Rumford'a*.

U pierwszego (fig. 92) rurka zawiera w sobie płyn zabarwiony czerwono, a płyn ten w obu ramionach wznosi się do jednakiej wysokości, kiedy obie kulki znajdują się w jednakiej temperaturze. Na równi z tym wspólnym poziomem zaznacza się 0°. Gdy jedna z kulek zostanie lepiej rozgrzana niż druga, rozszerzanie się powietrza obniża płyn w jednem z ramion a podnosi w drugiem; jeżeli go obniża w *b*, podnosi go w *a*. Podzieliwszy słupek, począwszy od 0°, na części równe, zapomocą termometru rtęciowego, będziemy mieli termometr bardzo dokładny.

W termometrze Rumford'a (fig. 93) znajduje się tylko prosta wskazówka, czyli krótki słupek z rtęci, zamiast płynu zawartego w termometrze Leslie'go. Łatwo jest zaznaczyć stopnie na tem narzędziu, obkładając kulkę prawą lodem i uważając na to, aby owa wskazówka rtęciowa zajmowała poziomą część rurki w dwóch końcach załamanej. W tym stałym punkcie zaznacza się 0°. Następnie, zapomocą termometru rtęciowego oznacza się stopnie, począwszy od 0°.

Tak zbudowany termometr byłby bardzo dokładnym; ale ponieważ trzebaby mu nadać znaczne rozmiary ze względu na niezwykle długą podziałkę, z powodu znacznego rozszerzania się powietrza za lada zmianą temperatury, przeto narzędzie to nie bywa używane, i figuruje tylko jako rzecz ciekawa, po gabinetach fizycznych.

XIV.

Maszyna parowa.

Ogólna zasada mechanicznego działania pary.—Maszyny parowe z kondensatorem i bez kondensatora.— Podział maszyn parowych.— Maszyny parowe stałe.—Część historyczna. —Dyonizy Papin. — Newcomen i Cawley. — Maszyna Newcomen'a. — Prace Jakóba Watt'a.— Maszyna parowa z podwójnym skutkiem.— Maszyny z wysokiem ciśnieniem. — Ulepszenia maszyny parowej od czasów Watt'a. — Opis maszyn parowych stałych.

Wszyscy czytelnicy nasi byli zapewne świadkami nadzwyczajnych skutków pary użytej jako siła poruszająca, i bez wątpienia każdy z nich pragnął zdać sobie sprawę z jej działania. Gdy wejdziemy do jakiejś fabryki, gdy nam się przedstawi zadziwiający widok jedynego motora rozdzielającego siłę między największe ciężary, wprawiającego w ruch ogromne massy i tryumfującego nad wszelkim oporem, jaki mu staje na drodze; — gdy wsiadłszy na statek parowy patrzymy na koła tego statku, z nadzwyczajną obracające się szybkością, prujące z siłą wody rzeki lub fale oceanu i bez pomocy żagli posuwające statek naprzód, wbrew prądom i wiatrom przeciwnym; — gdy, unoszeni po szynach kolei żelaznej, widzimy lokomotywę wyrzucającą strumienie pary po drodze i ciągnącą za sobą, jakby dla zabawki, długie, ciężko obładowane pociągi; — gdy jednem słowem, widzimy niezliczone zastosowania maszyny parowej, która się stała niezbędnym czynnikiem i niejako duszą nowożytnego przemysłu,—po naturalnem uczuciu wdzięczności dla Boga, który dał człowiekowi w posiadanie taką potęgę, budzi się w duszy naszej gwałtowna żądza dokładnego poznania fizycznego mechanizmu, który dostarcza środków spełniania tych wszystkich cudów. Tej to żądzy pragniemy zadosyć uczynić, wykładając zasady, reguły i fakta, na których polega

mechaniczne użycie pary, w nadzwyczaj urozmaiconym szeregu zastosowań. Przypomnimy zarazem imiona ludzi gienialnych, którzy zapomocą prac i usiłowań swoich, kolejno po sobie następujących, obdarzyli ludzkość tem niezaprzeczonem dobrodziejstwem.

Użycie pary wodnej jako siły mechanicznej, polega w ogóle na zasadzie bardzo prostej i łatwej do zrozumienia.

Gazy i pary, trzymane w przestrzeni zamkniętej, cisną bardzo silnie na ściany które je ograniczają. Para wodna, podobnie jak pary wszystkich innych płynów, trzymana w przestrzeni zamkniętej, posiada ogromną siłę ciśnienia.

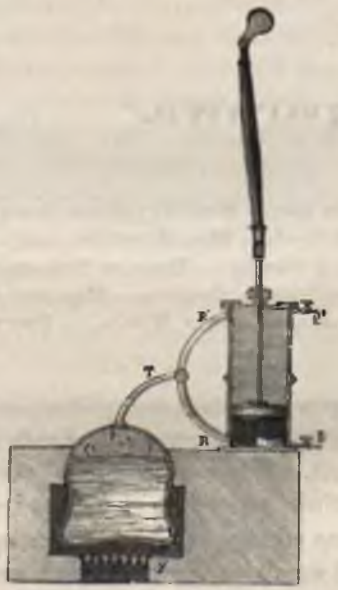


Fig. 94.

Gotując wodę w kotle szczelnie zamkniętym pokrywą, po kilku minutach wrzenia ujrzymy, że para wodna tworząca się w łonie płynu wrzącego, pokonawszy ciężar pokrywy, podnosi ją i wydostaje się na powietrze.

Zamknąwszy w kuli metalowej wydrążonej małą ilość wody, zatkawszy następnie szczelnie otwór tej kuli zapomocą korka z gwintem metalowym, i umieściwszy następnie tę kulę w silnym ogniu,—zobaczymy, że para utworzona przez wrzenie we wnętrzu kuli, nie znajdując żadnego wyjścia na zewnątrz, rozsadzi gwałtownie powłokę metalową, i kawałki jej rozrzuci daleko z hukiem.

Fakta te, znane dobrze przez wszystkich, wykazują dostatecznie wielką siłę, jaką posiada para płynów, objęta w przestrzeń zamkniętą. Ale widoczną jest rzeczą, iż można wyciągnąć korzyść z tej siły, gdy nie dopuszczając do niebezpiecznej ostateczności, zapomocą rozumu i sztuki nada się jej odpowiedni kierunek. Zobaczymy sposoby, jakich użyto w celu skorzystania, w maszynach zwanych *parowemi*, z siły zawartej w parze wody wrzącej.

Gdy do kotła pełnego wody, którą można zagotować zapomocą pieca F (fig. 94), przyprawimy rurę T, przeprowadzającą parę z kotła w cylinder metalowy pusty CC, wewnątrz którego porusza się szczelnie tłok,

widoczną jest rzeczą, że para wchodząca przez TR w dolną część cylindra, a więc pod tłok, ciśnieniem swojem zmusi tłok do podniesienia się aż do szczytu cylindra. Jeżeli się następnie przerwie napływ pary pod tłok, a otworzywszy kurek E, dozwoli się tej parze ulotnić w powietrze zewnętrzne; jeżeli dalej, otworzywszy jednocześnie drugą rurę R', napuści się nowej pary ponad tłok, ciśnienie tej pary, działając z góry na dół, zepchnie tłok aż na sam dół cylindra, gdyż pod nim nie będzie już oporu, zdolnego powstrzymać parcie pary z góry. Jeżeli powtarzać będziemy ciągle to wpuszczanie pary pod tłok i ponad tłok na przemiany, wypuszczając za każdym razem parę zawartą w przeciwnej części cylindra, tłok, pod takiem ciśnieniem naprzemiany na dwie swoje powierzchnie, wykonywać będzie ciągły ruch, wznosząc się i obniżając wewnątrz cylindra.

Łatwo teraz zrozumieć, że jeżeli drążek P, przyprawiony dolnym końcem do pręta idącego od tłoka, górnym końcem połączony zostanie z korbą od wału warsztatu A, ciągłe działanie pary nada w rezultacie ciągły obrotowy ruch temu wałowi. Ruch ten wału może być następnie, zapomocą rzemieni i bloków, rozprowadzony na liczne maszyny lub narzędzia, umieszczone w rozmaitych salach fabryki.

Wiele jest maszyn parowych zbudowanych na zasadzie prostego zastosowania ogólnej zasady, którą powyżej wyłożyliśmy. Takie maszyny parowe zowią się *maszynami o wysokiem ciśnieniu*. Maszyna taka jest poprostu cylindrem metalowym, wewnątrz którego para ciśnie naprzemian na dwie przeciwne powierzchnie tłoka, a następnie ulatnia się w powietrze.

Jest jednak i drugi sposób korzystania z siły rozprężliwości pary. Wszelka para skrapla się, to jest wraca do pierwotnego swego stanu, jak tylko zostanie wystawioną na temperaturę niższą od temperatury miejsca w którem się wytworzyła. Wychodząc z tej zasady, zamiast wypuszczać parę po każdem przesunięciu się tłoka, jak to okazaliśmy na poprzedzającym przyrządzie, skrapla się ją wewnątrz przyrządu, a to skroplenie w następujący sposób wydaje skutek mechaniczny. Zamiast wypuszczać w powietrze parę z maszyny, gdy już zrobiła skutek, zwraca się ją, zapomocą odpowiedniej rury, w przestrzeń ciągle oziębianą zapomocą wody; para, przybywając do tej przestrzeni, skrapla się i przechodzi bezpośrednio w stan ciekły: w skutku tego skroplenia, powstanie próżnia wewnątrz cylindra. Nie doświadczając oporu z pod spodu, tłok z łatwością ulega ciśnieniu które para wywiera na jego górną powierzchnią i opada na sam spód cylindra. Jeżeli ciągle powtarzać będziemy z kolei te działania: wpuszczenie pary pod tłok, skroplenie tej pary w osobnem naczyniu, wpuszczenie pary nad tłok, skroplenie tej pary i t. d., wywołamy ciągłe

wznoszenie się i opadanie tłoka wewnątrz cylindra; ruchy te przeprowadzają się następnie jak zwykle na wał, za pośrednictwem drąga od tłoka. Ten drugi rodzaj maszyn nazwano *maszynami z kondensatorem*, albo maszynami *o nizkiem ciśnieniu*.

Dawniej dzielono maszyny parowe na maszyny o nizkiem i wysokiem ciśnieniu, czyli na maszyny z kondensatorem i bez kondensatora. Dziś atoli zarzucono ten podział. Ze względu na usługi jakie pełnią, maszyny parowe dzielą się dziś na cztery klassy: 1) maszyny stałe, używane w warsztatach i fabrykach; 2) maszyny żeglarskie, czyli statki parowe; 3) lokomotywy; 4) lokomobile.

Każdy z tych działów maszyn przejdziemy kolejno, przypatrując mu się ze stanowiska historycznego i opisowego.

Maszyny parowe stałe.

Starożytni nie mieli najmniejszego wyobrażenia o tem, żeby w parze wody silnie ogrzanej istniała siła sprężystości, dająca się zużyć jako czynnik ruchu. Wytworzenie tych potężnych przyrządów jest wyłączną nowożytnej umiejętności zasługą.

Widzieliśmy, mówiąc o barometrze, że w XVII wieku, dzięki pracom Ottona Guericke i Pascala, odkryte zostało wielkie zjawisko ciężkości powietrza, i zostało jasno wykazanem ciśnienie, jakie powietrze wywiera na wszystkie ciała na powierzchni ziemi umieszczone. Maszyna parowa, wynaleziona i zbudowana po raz pierwszy przez Dyonizego Papina, była zastosowaniem zasady ciśnienia powietrza.

Sławny Huygens powziął był myśl zrobienia maszyny poruszanej wybuchami prochu armatniego, dokonywanemi pod cylindrem w którym poruszał się tłok. Powietrze zawarte w cylindrze, rozszerzone gorącem wywiązującem się ze spalenia prochu, wydobywało się na zewnątrz zapomocą klapy; — wtedy pod tłokiem tworzyła się próżnia częściowa, to jest powietrze stawało się znacznie rozrzedzonem, i w tej chwili, ciśnienie powietrza atmosferycznego, działając na wierzchnią część tłoka i nie będąc dostatecznie zrównoważone przez powietrze rozrzedzone, znajdujące się pod tłokiem, spychało tłok na spód cylindra. Przyczepiwszy więc do tego tłoka łańcuch albo sznur, okręcony następnie na bloku, można było podnosić ciężary uczepione na końcu tego sznura i otrzymać tym sposobem rzeczywisty skutek mechaniczny. Objaśnia to fig. 95, wzięta z pamiętników Huygensa. Na figurze tej A przedstawia małe naczynie na które się proch sypał; P tłok, który podnosił się w skutek rozprężli-

wości powietrza; SS klapy, któremi rozszerzone powietrze wydobywało się na zewnątrz; M ciężar podnoszony zapomocą sznura okręconego na bloku. Wzięty pod doświadczenia, przyrząd ten nie okazał dobrych rezultatów, z powodu bardzo małego rozrzedzenia powietrza zawartego pod tłokiem. Wówczas to powstała myśl pełna przyszłości, żeby proch armatni zastąpić innym środkiem wywoływania próżni pod tłokiem, to jest parą wodną, którą skraplano w tejże samej przestrzeni.

Jakoż łatwo zrozumieć, że jeżeli do cylindra A (fig. 96), w którym porusza się tłok B, wpuści się prąd pary wodnej przez otwór A, para, siłą swojej sprężystości, zmusi tłok B do wzniesienia się aż pod wierzch pompy. Jeżeli następnie, jakimkolwiek sposobem, naprzykład przez oziębienie zewnętrznych ścian cylindra, wywoła się skroplenie pary, — skoro para ta zostanie skroploną, powstanie w cylindrze p r ó ż n i a, gdyż powietrze wypędzone z niej zostało parą wodną; a ponieważ para ta znika w skutek skroplenia, więc w przestrzeni tej nie pozostanie nic, utworzy się próżnia. Ciśnienie zatem powietrza zewnętrznego, ciążące całą massą na wierzch tłoka, a nie zrównoważone niczem, (gdyż pod tłokiem, wewnątrz cylindra, istnieje próżnia) musi zepchnąć tłok aż na spód cylindra.



Fig. 95.

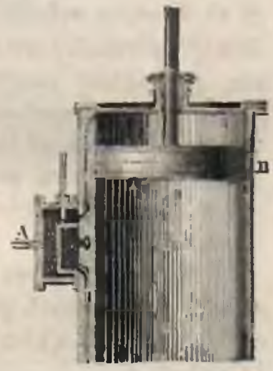


Fig. 96.

Tak więc, dość będzie wprowadzać i skraplać następnie parę wodną w cylindrze A, aby suwającemu się w nim tłokowi nadać ruch naprzemian to wznoszący go, to obniżający; a jeżeli w tłoku tym utwierdzony jest drąg, i jeżeli drąg ten połączymy z wałem poruszającym jaką maszynę, będziemy mogli, dzięki ciągłemu ruchowi tego drąga, nadać ruch obrotowy wałowi poruszającemu, i wykonywać tym sposobem rozmaite roboty mechaniczne.

Przyrząd który tu opisaliśmy, był pierwszą maszyną parową, której projekt zrobił w r. 1690 Dyonizy Papin.

Urodzony w Blois 22 sierpnia 1645, zmarły około r. 1714, Dyonizy

Papin przedstawia nam jeden z najsmutniejszych i najgodniejszych uwagi przykładów gieniuszu, zostającego w ciągłej walce z przeciwnościami. Jako protestant, wierny swojemu wyznaniu, opuścił on ojczyznę, podobnie jak tysiące jego współwyznawców, w epoce odwołania edyktu nantejskiego, które nastąpiło, jak wiadomo, w r. 1685, za Ludwika XIV. Na obczyznie zatem, w Anglii, we Włoszech i Niemczech, dokonał Papin po większej części swoich wynalazków, pomiędzy któremi najznakomitszym był wynalazek maszyny parowej.

W r. 1707 zbudował Papin maszynę parową, opartą na zasadzie odmiennej nieco od tej o której mówiliśmy wyżej, i ustawił tę maszynę na statku opatrzonym w koła. Wsiadł na statek w Kasselu, na rzece Fuldzie, przybył do Münden, miasta hanowerskiego, zkąd zamierzał udać się ze statkiem swoim na rzekę Wezerę, a nareszcie puścić się do Anglii, gdzie chciał wypróbować i dać poznać swoją maszynę parową. Ale przewoźnicy na Wezerze wzbronili mu wstępu na tę rzekę, a w odpowiedzi na jego skargę, porąbali jego statek w kawałki. Od tej chwili nieszczęśliwy Papin, pozbawiony wszelkich środków i przytułku, wlókł życie pełne nędzy i goryczy. Udawszy się do Londynu, żył tam z małego zasiłku, z trudnością wyżebranego od londyńskiego towarzystwa królewskiego, którego był członkiem, a które go używało do prac małej wagi. Nie wiemy nawet dokładnie roku i miejsca śmierci tego człowieka, równie znakomitego jak nieszczęśliwego.

Maszyna parowa którą Papin dał poznać w r. 1690, zbudowana została w warunkach praktycznych i oddana na usługi przemysłu przez dwóch zdolnych rękodzielników z miasta Darmouth, w Anglii, Newcomen'a i Cawley'a.

W r. 1698, Tomasz Savery, niegdyś górnik, stawszy się, dzięki pracy i nauce, biegłym inżynierem, zbudował własnego wynalazku maszynę, której zasadą było ciśnienie pary wodnej, i zastosował tę maszynę do wydobywania wody z kopalni węgla. Ale maszyna parowa zbudowana przez Newcomen'a i Cawley'a według zasad Papina, miała taką wyższość nad maszyną Saverego, że niebawem wyrugowała ją zupełnie z użycia. Około połowy osiemnastego wieku maszyna Newcomen'a bardzo już była rozpowszechnioną w Anglii. Bardzo silna maszyna tego rodzaju używaną była do rozprowadzania wody po Londynie, a znaczna ilość podobnych maszyn funkcyonowała w kopalniach węgla angielskich, zastosowana do wydobywania z nich wody.

Figura 97, wzięta z «Historyi maszyn parowych» Jana Hachette'a, professora paryzkiego fakultetu umiejętności (wyd. 1830), przedstawia główne części składowe maszyny Newcomen'a. P jest to cylinder w któ-

rym tłok H wznosi się w skutek ciśnienia pary dostarczanej przez kocioł A. Gdy tłok dojdzie do wierzchu cylindra, wpada przez rurkę D strumień wody zimnej, który skrapla parę wewnątrz cylindra i w skutek tego skroplenia tworzy próżnię. W następstwie utworzenia się tej próżni, tłok H, pod ciśnieniem powietrza atmosferycznego zewnętrznego, opada na spód cylindra. Zapomocą łańcucha S, przyczepionego do wierzchniej części tego tłoka i zapomocą przeciwwagi E, można wytworzyć działanie mechaniczne, podnosić ciężary, wprawiać w ruch pompy wyczerpujące



Fig. 97.

wodę i t. p. Widzimy tedy, że maszyna Newcomen'a jest tylko praktycznem zastosowaniem przyrządu, zbudowanego w r. 1690 przez Dyonizego Papin'a.

Figura następna (98) przedstawia sposób ustawienia maszyny parowej, która w XVIII w. służyła w Londynie do dźwigania i rozprowadzania po mieście wody z Tamizy.

Maszyna parowa Newcomen'a używana była w Anglii bez znacznych zmian aż do końca XVIII w.; w tej epoce dopiero zajął się nią Jakób Watt i rozmaite zaprowadził w niej przeobrażenia.

Jakób Watt, który się tak wsławił licznemi odkryciami w zakresie

maszyn parowych, był biednym robotnikiem z miasta Greenock, w Szkocyi. A jednak dzięki usilnej pracy, wytrwałości i gieniuszowi swemu, stał się jednym z najznakomitszych ludzi w Wielkiej Brytanii; wynalazkami swemi pod względem zastosowania pary, zbogacił ojczyznę swoję i świat cały.

W maszynie parowej Newcomen'a, wówczas dość powszechnie używanej w Anglii do wydobywania wody z kopalń węgla, była jedna wielka



Fig. 98.

wada, a tą był sposób skraplania pary, które, jak to już powiedzieliśmy, działo się zapomocą strumienia zimnej wody, wpuszczonego wewnątrz samego cylindra. Woda ta oziębiała cylinder, a para, wchodząc w przestrzeń oziębioną, skraplała się w części, co wywoływało znaczną utratę ciepła i powiększało znacznie ilość potrzebnego opału. Otóż, zapomocą wielkiej wagi pomysłu, Jakób Watt zaprowadził w maszynie parowej oszczędność trzech czwartych części opału. Zamiast skraplać wodę wewnątrz cylindra, połączył cylinder, zapomocą rury, z oddzielną skrzynią,

przez którą przechodzi ciągle strumień wody; para więc skrapla się w tej przestrzeni, która otrzymała nazwę *kondensatora odosobnionego*.

W tak ulepszonej przez Jakóba Watta maszynie Newcomen'a, para działała jedynie na spodnią powierzchnię tłoka, podnosząc go do góry. Następnie Watt dokonał nowego znakomitego wynalazku, zbudowawszy maszynę *z podwójnym skutkiem*. Zamiast działania pary na dolną jedynie powierzchnię tłoka, zastosował działanie to do obu jego powierzchni, tak że sama siła prężności pary wytwarza ruch tłoka do góry i na dół. Tym sposobem usunął zupełnie udział ciśnienia powietrza w ruchu tej maszyny, której zasada polega odtąd wyłącznie na sile prężności pary.

Zbudowawszy maszynę z podwójnym skutkiem, Watt zaprowadził jeszcze nader ważne ulepszenia w rozmaitych częściach maszyny parowej. Nie wchodząc w szczegóły, któreby nas zadaleko zaprowadziły, ograniczymy się na wzmiance, że Watt odkrył z kolei: 1) *Równoległobok ruchomy*, który służy do nadania wahaczowi maszyny ruchu, będącego następstwem podnoszenia się i opadania tłoka; 2) *korbę*, która służy do przemiany ruchu tłoka po linii prostej, na ruch obrotowy wału, nadającego ruch fabryce; 3) *regulator z kulami*, który służy do regulowania napływu pary wewnątrz cylindra, wpuszczając doń jedynie ilość jej ściśle potrzebną do wprawienia w ruch maszyny.

Przez takie to wynalazki i ulepszenia w głównych i drugorzędnych częściach maszyny parowej, doszedł Watt do utworzenia wszystkich niemal części maszyny parowej nowożytnej. Otrzymawszy w ten sposób kształt i układ jaknajkorzystniejszy, tak ze względu na oszczędność jak na praktyczne zastosowanie, ważna ta maszyna rozpowszechniła się szybko po Europie i w pierwszych już latach naszego stulecia ogólnie używaną być zaczęła w Europie i Ameryce.

Innego znów odkrycia niemałej doniosłości w sposobie używania pary dokonano na początku bieżącego wieku: tem odkryciem jest zastosowanie do maszyn pary z wysokiem ciśnieniem.

Cóż się to ma rozumieć przez *parę z wysokiem ciśnieniem?*

Kiedy woda jest w stanie wrzenia, jeśli parę jej wpuścimy do cylindra, wywiera ona tam potężne działanie mechaniczne; ale działanie to zostanie jeszcze znacznie spotęgowanem, jeśli przed wpuszczeniem owej pary do cylindra rozgrzejemy ją mocno, zatrzymując ją w kotle i nie otwierając kurka, który ją ma przepuścić do cylindra. Tak rozgrzana, nabiera ona znakomitej siły; a prężność jej tem będzie większą, im silniej będzie ogrzewaną przed wpuszczeniem do cylindra.

Leupold, mechanik niemiecki, pierwszy powziął około r. 1725 myśl zastosowania pary z wysokiem ciśnieniem do maszyn parowych. Podał

on opis maszyny parowej z wysokiem ciśnieniem w dziele słusznie sławionem: «*Theatrum machinarum*». Ale Jakób Watt nie przyjął tego rodzaju użycia pary. Pierwsze maszyny z wysokiem ciśnieniem począł budować amerykanin Olivier Evans, zrazu prosty robotnik w Filadelfii, a następnie konstruktor maszyn tamże.

W r. 1825, mechanicy Trevithick i Vivian zaczęli upowszechniać w Anglii użycie maszyn z wysokiem ciśnieniem według systemu Oliviera Evans'a, które niebawem wielkiej nabyły wziętości.

Mnóstwo innych jeszcze udoskonaleń dokonano w maszynie parowej za naszych czasów. Jako nowe systemy, przeznaczone do zastąpienia maszyny Watta, wymienimy tutaj:

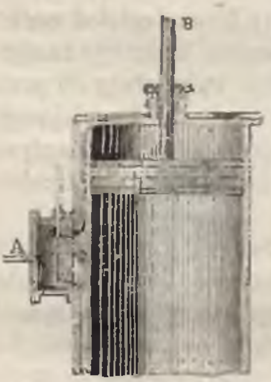


Fig. 99.

1. *Maszyny o dwóch cylindrach* czyli *maszyny Wolff'a*, wielce rozpowszechnione po fabrykach francuzkich;

2. *Maszyny z cylindrem stałym poziomym*, również bardzo używane po warsztatach mechanicznych;

3. *Maszyny z cylindrem ruchomym* (oscyllującym), mało przedstawiające korzyści i dla tego zaniechane;

4. *Maszyny rotacyjne*, których system nie jest pozbawiony przyszłości;

5. *Maszyny z parą eterową*, w których płyn pomocniczy, eter, siłę sprężystości swojej pary dodaje do takiejże siły pary wodnej.

6. Nareszcie, *maszyny z gorącem powietrzem*, w których zamierzono parę wodną zastąpić takąż ilością powietrza rozgrzewanego i oziębianego naprzemiany.

*
* *

Po tym krótkim zarysie historycznym ulepszeń jakich dokonano w maszynie parowej stałej od czasu jej wynalezienia aż do dni naszych, pozostaje nam opisać pokrótce rozmaite systemy maszyn stałych, które są w użyciu po naszych fabrykach i warsztatach. Systemy te można sprowadzić do dwóch:

1. *Maszyny bez kondensatora*, w których para ulatnia się w powietrze, wywarłszy działanie na dwie powierzchnie tłoka;

2. *Maszyny z kondensatorem*, w których para wodna, zamiast ulatniać się na zewnątrz, skrapla się w naczyniu zwanem *kondensatorem*.

Nic łatwiejszego nad zrozumienie mechanizmu *maszyn bez kondensatora*, zwanych częstokroć *maszynami z wysokiem ciśnieniem*, gdyż prę-

żność w nich zastosowana dochodzi od dwóch do dziesięciu a nawet dwunastu atmosfer.

Figura 99 przedstawia zasadniczy mechanizm maszyny parowej bez kondensatora.

Para rurką A dostaje się pod tłok i podnosi go z dołu do góry. Gdy tłok dochodzi do wierzchu cylindra, otwiera się klapa i wpuszcza parę z kotła ponad tłok. Jednocześnie otwiera się druga klapa, którą para z dołu cylindra wydostaje się na zewnątrz. Mając do przezwyciężenia jedynie opór powietrza pod sobą, to jest opór jednej atmosfery, a ulegając z góry ciśnieniu pary o kilku atmosferach, tłok opada na dno cylindra. Zaledwie tam stanie, para z górnej części cylindra zostaje wypuszczoną. W tej chwili nowa znów para wchodzi pod tłok i odpycha go w górę siłą ciśnienia tej pary, która podniesiona do prężności kilku atmosfer, ma do przezwyciężenia ciśnienie jednej tylko atmosfery powietrza zewnętrznego.



Fig. 100.

Powtarzając kolejno te ruchy, to jest puszczając parę naprzemiany, to nad tłok, to pod tłok, i wypuszczajac następnie tę parę na zewnątrz, gdy już wywrze swoje działanie na jedną z powierzchni tłoka, wytwarza się nieustający ruch wznoszenia się i opadania tłoka. Łatwo pojąć, że zapomocą stosownych przyrządów mechanicznych, można przeprowadzić ten ruch tłoka po linii prostej, na wał poruszający warsztat mechaniczny.

Maszyny bez kondensatora mają układ taki, jak to przedstawia figura 100. C, cylinder parowy, umieszczony jest poziomo; T jest to rurka którą odchodzi z fabryki para, wychodząca z cylindra po wywarciu działania na tłok.

W celu przeprowadzenia na wał poruszający fabryką ruchu drąga od tłoka A, u wierzchu tego drąga przyprawia się łatwo ruchome kolano B, które popycha drąg Q, ruchomy w punkcie B, i pozwala mu tym sposobem wykonać ruch z góry na dół. Ruch ten udziela się następnie

drążkowi BD i obraca wałem poruszającym fabryką, którego osi koniec widzimy w D.

Maszyna z kondensatorem, różni się od poprzedzającej w tem, że nie wyrzuca w powietrze pary wychodzącej z cylindra, ale ją zwraca do wanny czyli rezerwoaru napełnionego zimną wodą, wewnątrz którego się skrapla.

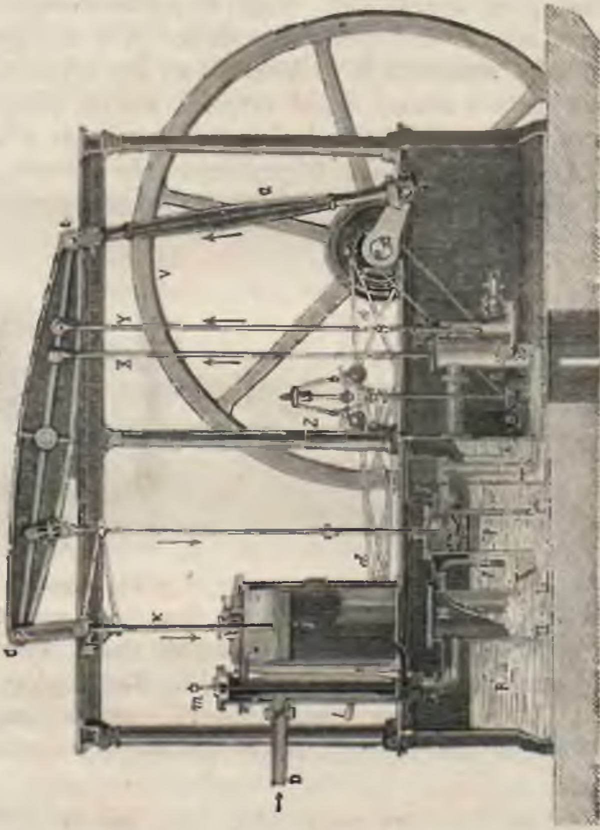


Fig. 101.

Figura 101 przedstawia przekrój maszyny parowej z kondensatorem i wahaczem. J, jest to cylinder parowy, K drąg od tłoka, CC' wahacz oscyllujący, T szufladka wpuszczająca parę do cylindra, to pod tłok, to nad tłok na przemiany; G jest to łącznik nadający ruch wałowi poruszającemu, za pośrednictwem kolana M; H kondensator; E P pompa wyczerpująca wodę, w miarę jak takowa rozgrzewa się w kondensatorze; Y W, pompa

zasilająca kocioł wodą i drąg od tej pompy; U, pompa, zasilająca wodą zbiornik R; Z, regulator ilości pary wpuszczanej do cylindra; *dd* ekscentryk (mimośród), poruszający szufladką, wpuszczającą parę.



Fig. 102.

Na figurze 102 widzimy znów przekrój kotła parowego, to jest kotła który w maszynach stałych dostarcza pary.

G, jestto sam kocioł; H, to jeden z *wygrzewaczy*, czyli jeden z k o t ł ó w mniejszych, umieszczonych pod kotłem głównym. *Wygrzewacze* połączone są z kotłem głównym grubemi rurami; przeznaczeniem ich jest powiększenie powierzchni wystawionej na działanie gorąca. F, jest to pływak, który wskazuje palaczowi wysokość, jaką woda zajmuje wewnątrz kotła; B, to *poziom wody*: jestto rurka szklanna, połączona z wnętrzem kotła, która napełniając się wodą do tej samej wysokości co i kocioł, ujawnia wysokość wody w jego wnętrzu; C, jestto rura, którą para wychodzi, przechodząc do cylindra maszyny; A, rura, którą napływa woda z pompy zasilającej, w miejsce tej, która znika bezustannie w postaci pary. T, to otwór, przez który robotnik dostaje się do wnętrza kotła, dla obejrzenia go lub naprawy. Na tej figu-



Fig. 103.

rze widać dokładnie cały obieg powietrza gorącego, wychodzącego z ogniska i wpadającego w rurę komina, po obejściu do koła ścian zewnętrznych kotła. S, jest to *klapa bezpieczeństwa* z płytą ruchomą.



Fig. 104.

Figura 103 przedstawia pionowy przekrój kotła z dwoma wygrzewaczami.

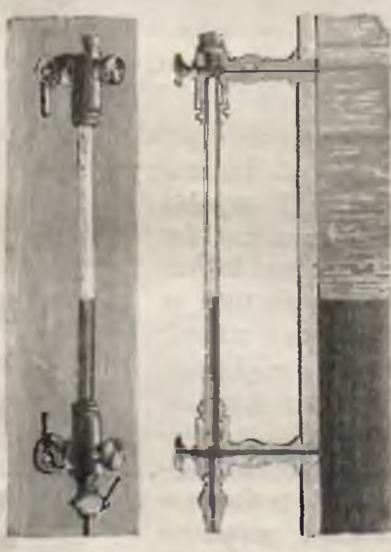


Fig. 105.

A teraz słówko o przyrządach, służących do zapobieżenia eksplozyom w maszynach parowych stałych.

Klapa bezpieczeństwa, używana zresztą we wszystkich maszynach parowych w ogólności, składa się z metalowego korka, zamykającego kocioł i utrzymującego się w nim zapomocą ciężaru, działającego na koniec

drążka poziomego RS (fig. 102). Ciężar ten obliczony jest tak, że może być podniesiony siłą pary, kiedy ta dojdzie do takiego stopnia, że może budzić obawy co do wytrzymałości kotła. Gdy temperatura ogniska zanadto się podniesie, i gdy para nabierze w skutek tego prężności, która mogłaby być niebezpieczną, w skutek parcia pary podniesie się korek metalowy R, gdyż ciężar umieszczony na końcu drążka poziomego RS nie może wytrzymać tego ciśnienia; w ten sposób kocioł zostaje w tym punkcie otwartym, para ulatnia się swobodnie w powietrze, i niebezpieczeństwo pęknięcia czyli eksplozyi zostaje usunięte. Gdy w skutek tego częściowego ubytku para sprowadzoną zostanie do stanu prężności normalnej, klapa spada pod naciskiem ciężaru S, i kocioł zostaje napowrót zamkniętym.

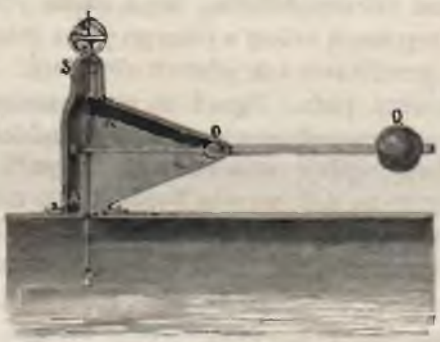


Fig. 106.

Ten przyrząd tak ważny dla bezpieczeństwa maszyn parowych, to jest *klapę z ciężarem*, wynalazł Dyonizy Papin w r. 1681, a zastosował ją w r. 1707 do pewnej maszyny parowej, jako środek zaradczy przeciw pęknięciu czyli eksplozyi kotła.

Przedstawiamy tu osobno klapę bezpieczeństwa (fig. 104), którą widzimy na przekroju kotła parowego (fig. 102). P jest ciężarem, który można uczepić w dowolnym punkcie u ramienia BC, jak w wadze rzymskiej, tak, aby mógł działać na krótszem lub dłuższem ramieniu drążka; C jest rodzajem zawiasy, na której drążek się porusza i może być podniesionym w razie potrzeby; D jest kanałem łączącym przyrząd ten z kotłem.

Przez długi czas używano jako klap bezpieczeństwa krążków z metalu topliwego, które umieszczano w pewnym punkcie na kotle i które tworzyły rodzaj korka tej natury, że w pewnych danych warunkach zaczynał topnieć. Gdy ciśnienie pary przechodziło kres, który konduktor wytrzymałości kotła naznaczył, para wodna, której temperatura odpowia-

dała temu ciśnieniu, roztapiała klapę, kocioł stawał się otwartym, para znajdowała odpływ na zewnątrz i niebezpieczeństwo ustawało.

Dzisiaj zaprzestano zupełnie używać klap tego rodzaju, gdyż nie można było liczyć na regularne ich działanie. Oprócz tego, wypuszczenie na zewnątrz wszystkiej pary z kotła niweczyło zupełnie siłę poruszającą i połączone było z wielu niedogodnościami.

Na fig. 105 widzimy przedstawiony tak zwany *poziom wody*, zaznaczony literą B na pionowym przekroju kotła (fig. 102). Przekrój rurki objaśnia, że poziom wody widziany od zewnątrz, wystarcza do przekonania się o wysokości wody wewnątrz kotła.

Pływak niezawsze taki ma układ, jak to widzieliśmy na przekroju kotła parowego (fig. 102). Częstokroć bywa on tak zwanym *pływakiem alarmowym*, to jest tak urządzonym, aby o braku wody wewnątrz kotła ostrzegał głośno, zapomocą świstu wydanego przez samą parę.

Figura 106 przedstawia taki *pływak alarmowy*. Przestrzeń trójkątną A wypełnia zawsze para. Ponad tą przestrzenią, od strony wody w kotle, znajduje się dzwonek mosiężny, z cienkiemi ścianami, który, gdy weń prąd pary uderzy, wydaje ostre świstanie. Klapa S, przymykana sprężyną cisnącą ją z góry na dół, zamyka kocioł w tem miejscu;—ale gdy się zdarzy, że się poziom wody w kotle obniży, pływak P obniża się wraz z wodą, i pociągając za sobą łańcuszek BS, przytwierdzony do klapy, klapę tę otwiera i wypuszcza na zewnątrz parę, która wydaje świst, przechodząc przez delikatne ścianki dzwonka.

Ciężar Q równoważy ramie drążka ruchomego BO.

XV.

Statki parowe.

Historya zastosowania pary do żeglugi. — Dyonizy Papin. — Dickens. — Ks. Gauthier. — Margrabia de Jouffroy. — Konstruktorowie amerykańscy: Miller i Smington. — Robert Fulton. — Żegluga parowa w Stanach Zjednoczonych. — Żegluga parowa w Europie. — Opis maszyn parowych zastosowanych do żeglugi. — Środki popychające: koła rynienkowe; śruba. — Systemy maszyn parowych używanych na statkach kołowych. — Systemy maszyn parowych używanych na statkach śrubowych.

Gdy maszyna parowa stała raz została stworzona, przemysł ludzki pochwycił kierownictwo tej nowej siły i nie omieszkał skorzystać ze wszystkich zastosowań, do jakich motor taki nadać się może. Maszyna parowa została z kolei zastosowaną do żeglugi, do ruchu na drogach żelaznych, nareszcie do prac rolniczych. W tym rozdziale zajmiemy się zastosowaniem maszyny parowej do popychania statków.

Użycie żagla i wioseł jako środka do żeglugi, przedstawia w wielu razach wielkie niedogodności. Żagle i wiosła nadają statkowi ruch powolny i częstokroć utrudniony, który opóźniają wiatry przeciwne, powstrzymuje cisza. To też oddawna życzono sobie dojść do tego, aby można mieć na okrętach siłę poruszającą oddzielną, niezależną od żywiołów zewnętrznych albo od pracy ludzkiej. Około środka ubiegłego wieku, odkrycie maszyny parowej dostarczyło nareszcie żegludze tego tak oddawna pożądanego motora. Zaledwie maszyna parowa została stworzoną, zaledwie zaczynała funkcyonować w fabrykach, a już ze wszech stron usiłowano ją zastosować do żeglugi, w celu zastąpienia żagli i wioseł tym potężnym motorem, który tyle już usług oddawał warsztatom. Jednak zastosowanie maszyny parowej do popychania statków przedsta-

wiało w praktyce wiele trudności, tak iż niemało czasu upłynęło, zanim przemysł ludzki zdołał, z uwzględnieniem bezpieczeństwa i oszczędności, zaprządz siłę pary do usług żeglugi po rzekach i morzach.

Papin był pierwszym, który ośmielił się pomyśleć o zastosowaniu mechanicznej siły pary do żeglugi. W r. 1707, jak to już widzieliśmy, na statku pływającym po Fuldzie ustawił on pierwszą maszynę do żeglugi parowej, ten znakomity owoc gieniuszu ludzkiego.

W r. 1727 J. Dickens, w r. 1737 Jonatan Hulls, obaj mechanicy angielscy, proponowali zastosowanie do żeglugi maszyny parowej takiej, jaka istniała w owej epoce.

Z tym samym projektem wystąpił we Francyi w r. 1753 ks. Gauthier, uczony kanonik z Nancy. Niedługo potem, w r. 1760, ksiądz z kantonu berneńskiego, nazwiskiem Génevois, kładł wielki nacisk na korzyści, jakieby przedstawiała maszyna Newcomen'a, użyta jako środek popychania statków.

Jednak maszyna parowa taka, jaka istniała w końcu XVIII w., to jest maszyna Newcomen'a, zanadto była niedokładną, żeby na ten cel służyć mogła.

Udoskonaliwszy maszynę parową Newcomen'a przez wynalazek *kondensatora odosobnionego*, Jakób Watt przyczynił się znakomicie do umożebnienia użycia maszyny parowej w żegludze. Pierwszą praktyczną próbę żeglugi zapomocą pary, zawdzięczamy francuzowi, margrabiemu Jouffroy, który umieścił na statku maszynę parową z pojedynczym skutkiem, taką, jak ją Watt udoskonalił. Po wielu usiłowaniach, przedsiębranych przezeń w Paryżu w r. 1775 a następnie prowadzonych dalej w r. 1776 na rzece Doubs, w Baume-les-Dames, margr. Jouffroy kazał w r. 1780 zbudować w Lyonie statek parowy, 46 metrów długości mający, i 15 lipca 1783 r. odbył z tym statkiem stanowczą próbę na wodach Saony; statek pływał wybornie w oczach dziesięciu tysięcy widzów. Opatrzony on był dwoma kołami, które para obracała.

Mimo tego jednak, ważna ta próba pozostała bez dalszych następstw. Zastosowanie pary do żeglugi, które wzięło początek we Francyi, przez długi czas pozostało tam później w zaniedbaniu.

W Ameryce, dwaj konstruktorowie, Jan Fitch i Jakób Rumsey, robili liczne doświadczenia, mające na celu użycie pary jako środka do popychania statków na rzekach; ale usiłowania ich pozostały bez żadnych skutków praktycznych. Prace ich obejmują okres czasu od roku 1781 do 1792.

W Szkocyi Patrick Miller, Jakób Taylor i William Smington usiłowali osiągnąć tenże cel w r. 1787, ale usiłowania te nie powiodły się

także. Statek przez nich zbudowany, zaopatrzony był w maszynę o dwóch cylindrach pionowych, z których siła pary, zapomocą dwóch łańcuchów żelaznych przeprowadzona była na dwa koła umieszczone po bokach statku. Ten statek parowy poddano próbie na stawie należącym do Patrika Millera; ale rezultaty jakie otrzymano z pary, nie zdawały się przewyższać rezultatów siły ludzkiej, i trzej inżynierowie szkoccy zaniechali swoich zamiarów.

Robertowi Fulton, inżynierowi amerykańskiemu, urodzonemu w hrabstwie Lancastre, w Stanie Pensylwanii, należy się zasługa i chwała stworzenia, w praktycznych warunkach, żeglugi parowej.

Syn ubogich emigrantów irlandzkich, zrazu terminator u jubilera w Filadelfii, młody Fulton, obdarzony pewnym talentem do malarstwa i rysunków, pędzlem zaczął zarabiać sobie na utrzymanie. Mając lat dwadzieścia, był malarzem miniatur w Filadelfii. W r. 1786 popłynął do Europy i udał się do Anglii, gdzie zamiłowanie jego w mechanice tak się wzmogło z czasem, że porzucił zawód malarski, aby zostać inżynierem. Podczas piętnastoletniego swego pobytu w Europie, już to w Anglii, już we Francyi, Fulton odznaczył się wielką liczbą wynalazków mechanicznych rozmaitego rodzaju. Ale zagadka żeglugi parowej, którą zaczął się zajmować od r. 1786, była głównym prac jego celem.

Dzięki wytrwałym poszukiwaniom, dzięki gruntownemu zbadaniu przyczyn, które stawały na drodze usiłowaniom licznych jego poprzedników, Fulton doszedł do pomyślnych rezultatów tam, gdzie inni nic dokazać nie mogli. W sierpniu 1803 r., statek parowy, zbudowany przez inżyniera amerykańskiego, odbył próbę na Sekwanie, w środku Paryża. Fulton jednak, nie znalazłszy w Europie poparcia, jakie powinien był pozyskać znakomity jego wynalazek, powrócił do Ameryki, żeby kraj swój uposażyć tem wielkiem odkryciem.

10 sierpnia 1807 r., *Clermont*, wielki statek parowy zbudowany przez Fultona, spuszczony został na rzekę Est w Nowym Yorku. Statek ten, który przedstawiał wybornie zastosowane warunki mechaniczne, zdecydował o przyjęciu się żeglugi parowej w Stanach Zjednoczonych. W rozmaitych Stanach Unii amerykańskiej, marynarka parowa rozwinęła się niebawem na wielkie rozmiary, pod natchnieniem i dzięki ciągłym zabiegom Fultona, który umarł w Nowym Yorku, obdarzywszy kraj swój jedną z najpotężniejszych dźwigni jego pomyślności.

Europa nie omieszkała korzystać z odkrycia Fultona. W r. 1812, konstruktor nazwiskiem Henryk Bell, wystawił na rzece Clyde, w Szkocyi, pierwszy statek parowy, który pełnił w Europie służbę regularną. Była to «*Kometa*» zbudowana na wzór statku Fultona.

Z Anglii, żegluga parowa rozpowszechniła się niebawem w reszcie Europy. W dwadzieścia lat po skromnym pierwszym występie w Szkocyi, marynarka parowa rozwinęła się potężnie u wszystkich narodów. Rzeki stałego lądu pokryły się statkami parowemi, a niezadługo wszystkie morza na całej kuli ziemskiej były niemi zasiane. Dzisiaj marynarka parowa dąży do zupełnego wyrugowania marynarki żaglowej, dzięki praktycznym korzyściom, oszczędności i szybkości, właściwym motorowi tego rodzaju.

* * *

Maszyny parowe przeznaczone do użytku żeglugi, posługują się rozmaitemi metodami wywołania ruchu popychającego. Zanim więc powiemy o systematach maszyn parowych używanych w żegludze, musimy wprzód poświęcić kilka słów czynnikom ruchu popychającego.

Głównie używane bywają dwa mechaniczne sposoby popychania statków parowych: *koła rynienkowe* albo *łopatkowe* i *śruba*.

Używanie w żegludze kół *rynienkowych* lub *łopatkowych*, bardzo dawnych sięga czasów. W kilku pisarzach łacińskich znajdujemy opis kół rynienkowych, poruszanych przez woły, używanych na łodziach i tratwach. Papin, na swoim statku zbudowanym w r. 1707, użył dwóch kół rynienkowych, jako przyrządu popychajacego. Statek parowy margrabiego Jouffroy, posuwał się zapomocą kół podobnych. Fulton przyjął również użycie kół na swoich statkach, i odtąd przez długi czas używane one były wyłącznie na statkach i okrętach parowych.

Śruba jest wynalazkiem daleko świeższym. Daniel Bernoulli, matematyk, w r. 1752, zaczął pierwszy przemawiać za zastosowaniem do okrętów motora kształtu śrubowego. W r. 1768, Paucton, inżynier francuzki, proponował zastąpienie śrubą wioseł w okrętach.

W r. 1803 mechanik francuzki, Karol Dallery, rodem z Amiens, umieścił dwie śruby w małym statku, który zaczął budować na Sekwanie, w Paryżu, w celu rozwiązania zadania żeglugi parowej; ale zabrakło mu funduszów na doprowadzenie do skutku tego pomysłu.

Wielu mechaników, zarówno we Francyi jak w Anglii, zajmowało się, po Dallery'm, zastąpieniem śrubą kół rynienkowych w żegludze parowej. Wyższość śruby nad kołami łopatkowemi najdobitniej wykazał teoretycznie francuz Delisle, kapitan inżynieryi.

W Anglii, konstruktorowie Smith i Renné, pierwsi zaczęli używać z pomyślnym skutkiem śruby, w miejsce kół.

Dzisiejszy układ śruby, to jest śruby pojedyńczej, o jednym skręcie, pierwszy zaproponował i pierwszy go próbował konstruktor francuzki

w Boulogne, Fryderyk Sauvage; ale nie był w stanie wykonać prób tych na dostateczną skalę.

Fryderyk Sauvage umarł w r. 1857, w Paryżu, w domu obłąkanych. Osadzony w Boulogne w więzieniu za długi, ujrzał z okna swojego próby, jakie w porcie tym wykonywał dowódzca okrętu angielskiego, zwanego «*Ruttler*», zbudowanego w Londynie, z systemem śruby pojedyńczej, który wynalazł on sam, Sauvage. Ten widok tak dla niego dotkliwy, pomięszał mu zmysły.

Pierwszy francuzki statek parowy ze śrubą (śrubowy) zbudował w Hawrze, w r. 1843, p. Normand. Odtąd śruba coraz więcej poczęła być używaną przez marynarkę francuzką, a dzisiaj w marynarkach wszystkich



Fig. 107.

narodów, śruba prawie zupełnie zdetronizowała koła. Jednakże w statkach parowych pełniących służbę na rzekach, trudno byłoby zastąpić koła śrubą, tak, iż można powiedzieć w ogólności, że dzisiaj w żegludze parowej morskiej używaną jest powszechnie śruba, a w żegludze parowej po rzekach, koła łopatkowe.

Śruba dziś używana ma tylko jeden skręt. Umieszczona jest poniżej linii, po którą się okręt zanurza, jak to pokazuje fig. 107. Wprawiona w ruch przez maszynę parową, robi ona ten skutek co wiosła, i posuwa statek naprzód, nadając ruch wsteczny płynowi, wśród którego obraca się z niesłychaną szybkością.

System maszyn parowych używanych w żegludze, różni się wedle tego, czy statek zaopatrzony jest w koła albo w śrubę.

Typem maszyn parowych używanych dzisiaj do poruszania statków kołowych, jest maszyna z kondensatorem, mniej więcej taka, jaką zbudował Watt. Maszynę tę opisaliśmy w rozdziale poprzednim. Taka ma-

szyna z kondensatorem, wprawiająca w ruch statki kołowe, nie różni się prawie w niczem, mianowicie co do części zasadniczych, od maszyny z kondensatorem działającej w fabrykach i warsztatach. Odmienną jest od niej tylko w niektórych urządzeniach drugorzędnych, które musiano

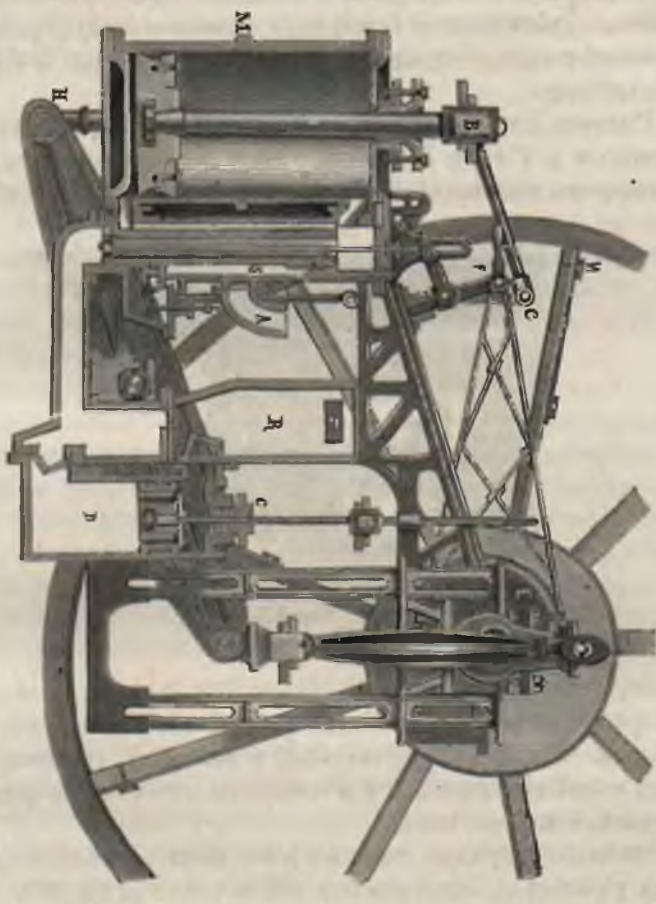


Fig. 108.

w niej zaprowadzić, ze względu na oszczędność miejsca przy ustawieniu jej na statku.

Figura 108 przedstawia nam skład takiej maszyny. M jest to cylinder, do którego para napływająca z kotła wchodzi rurą A i szufladką S. HH' jestto wahacz,—dla oszczędzenia przestrzeni zapomocą przeniesienia ruchu—umieszczony u dołu maszyny. Drąg od tłoka przytwierdzony do drąga ruchomego B, przedłużając się poza cylindrem M, łączy się z koń-

cem wahacza H'. Drugi koniec tegoż wahacza H, obraca wał poruszający M, do którego przytwierdzone są koła okrętu N. D jest kondensatorem, O drągiem od pompy wyczerpującej wodę z kondensatora. EF jest to ekscentryk (mimośród) poruszający szufladką.

Zamiast maszyny Watta, której cylinder jest pionowy, używają niekiedy na statkach kołowych *maszyn z cylindrem poziomym*, których mechanizm, pod względem przeniesienia ruchu, jest prostszy.

Kiedy motorem statku parowego jest śruba, maszyna Watta nie bywa używaną, gdyż nie byłaby w stanie dostarczyć nadzwyczajnej szybkości, jaką trzeba nadać śrubie, obracającej się w wodzie. Wtedy używa się maszyn osobnego systemu, w których siła pary działa wprost na wał, obracający śrubę. Nie wdając się w szczegóły, którcby nas zadaleko zaprowadziły, ograniczymy się na powiedzeniu, że w tym celu używane bywają: 1-o maszyny parowe z cylindrem poziomym, 2-o maszyny z dwoma cylindrami pochyłemi, działającemi na ten sam wał, zbudowane na podobieństwo lokomotyw.

A teraz słówko o kotłach maszyn parowych morskich.

*　　*
*

Przedewszystkiem trzeba zaznaczyć jedną właściwość tych kotłów, rozróżniającą je od kotłów maszyn stałych. Kotły maszyn parowych morskich są naturalnie zasilane wodą morską. Ale woda ta zawiera w sobie znaczną ilość soli, gdyż litr wody z Oceanu zawiera w sobie 32 grammy części solnych, a litr wody z morza Śródziemnego 43 grammy. Po upływie tedy pewnego czasu, w skutek wygotowania się, tworzy się w kotle znaczny osad solny. Ponieważ osad ten zasklepiłby kocioł i nie dopuścił parowania, trzeba więc od czasu do czasu usuwać wodę przeciążoną solą, a zastępować ją świeżą.

Czynność ta odbywa się na statku parowym mniej więcej co godzinę. Tak zwana *pompa solankowa* (pompe à saumure), poruszana parą, wyczerpuje wodę z dolnej części kotła, gdzie właśnie sole osiadają.

Dla zapobieżenia utracie całego ciepła wody w ten sposób wyczerpywanej, woda ta odprowadzaną bywa poza okręt przez rurę miedzianą, otoczoną drugą rurą, przez którą nadpływa woda zimna, mająca kocioł zasilić. Tym sposobem woda zasilająca kocioł chłonie w siebie ciepło z wody odprowadzanej na zewnątrz, i wchodząc do kotła jest już ciepłą, a nawet gorącą.

Pod względem konstrukcyi, maszyny parowe morskie różnią się wielce od maszyn stałych. Ponieważ na statku rozporządza się małą

przestrzenią, trzeba więc wytwarzać o ile możności jak najwięcej pary pod tąż samą objętością.

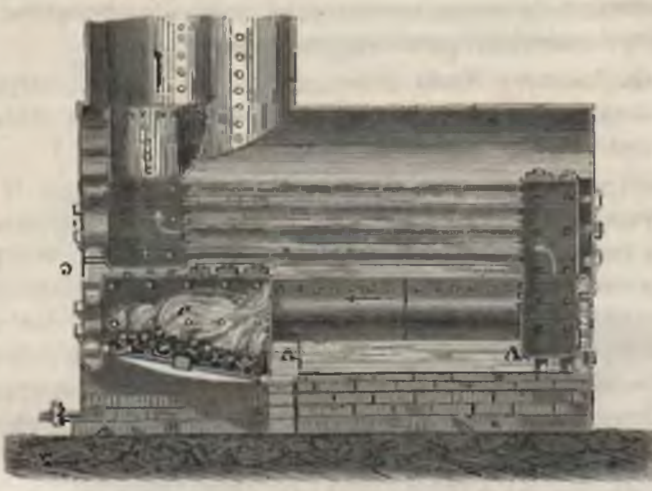


Fig. 109.

Kotły rurowe, czyli *kotły z płomienicem powrotnym*, są jedynie używanemi na pokładach statków parowych. *Kotłami rurowemi* nazywa-

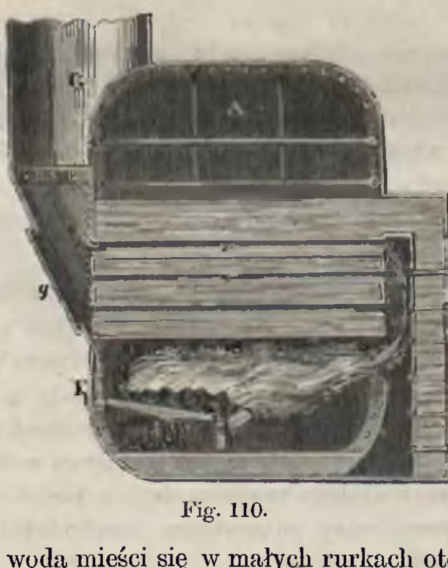


Fig. 110.

my te, w których woda mieści się w małych rurkach otoczonych zewsząd paliwem. Dzięki temu pomnożeniu powierzchni wystawionych na rozgrzanie, wytwarza się ogromna massa pary w bardzo krótkim czasie.

Ustrój kotłów rurowych przyjęty w maszynach morskich, bywa bardzo rozmaity. Fig. 109 przedstawia wzór kotła bardzo często używanego. Gazy wychodzące z ogniska ogrzewają najprzód główny kocioł AA, a następnie przebiegają odstęp między czterema grubemi rurami napełnionemi wodą. Obiegłszy te rury i rozgrzawszy zawartą w nich wodę, gazy i dym wychodzą rurą komina D.

Jako drugi typ, także często używany, podajemy tutaj (fig. 110) przekrój kotłów francuzkiego statku parowego «*Isly*». Ognisko umieszczone jest w B i całe otoczone wodą. Dym i gazy powstające z go-

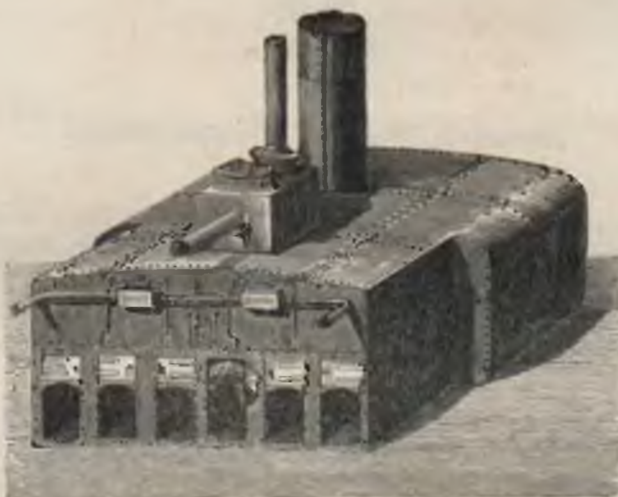


Fig. 111.

renia, przechodzą przez rury *rrr*, a następnie wydobywają się na zewnątrz kominem G.

Ponieważ massa która musi być poruszaną, jest ogromna, nie można było na okręcie poprzestać na jednym kotle do wytwarzania pary. Nie mogąc powiększyć wysokości wody w kotle, powiększono liczbę kotłów. Bywa więc na parowym okręcie najmniej dwa kotły tuż obok siebie, a czasami i cztery, które też mają cztery osobne ogniska. Figura 111 przedstawia nam widok kotłów na francuzkim okręcie «*Sfinks*».

Trudno sobie wyobrazić, siłę maszyn parowych morskich. Weźmy naprzykład maszynę ogromnego okrętu pancernego francuzkiego «*Friedland*», zbudowanego w r. 1866. Średnica wewnętrzna cylindrów

parowych tego okrętu wynosi przeszło dwa metry, tak iż para przy każdym tłoku wywiera ciśnienie na powierzchnią blizko półczwarta metra kwadratowego wynoszącą. Przypuściwszy, że para działa z siłą dwóch tylko atmosfer, ciśnienie na każdy tłok wyniesie 90,000 kilogrammów.

Śruba «*Friedlandu*» ma sześć metrów średnicy. To też szybkość tego okrętu, mimo ogromu jego rozmiarów i ciężaru jego massy, wynosi podczas ciszy, 14 i pół węzła, czyli siedem mil czterokilometrowych na godzinę.

XVI.

Lokomotywa i koleje żelazne.

Rzut oka historyczny. — Józef Cugnot. — Olivier Evans. — Trevithick i Vivian. — Początek dzisiejszych kolei żelaznych. — Kolej z szynami drewnianemi w kopalniach i fabrykach angielskich.—Odkrycie faktu przylegania kół do szyn żelaznych.— Wynalazek kotłów rurowych. — Konkurs lokomotyw w Liwerpoolu. — Opis maszyny parowej zwanej lokomotywą. — Budowa kolei żelaznych. — Wagony. — Hamulce. — **Lokomobile.** — Opis maszyny parowej zwanej lokomobilą. — Jej zastosowanie.

Wynalazek maszyn parowych z wysokiem ciśnieniem umożebnił budowę lokomotyw i użycie ich do ciągnienia najcięższych pociągów po drogach zaopatrzonych w szyny żelazne. Kiedy maszyna parowa zastosowaną już została do warsztatów i fabryk, poczęto przemyśliwać o zużytkowaniu tej siły mechanicznej i do ciągnięcia wozów. Począwszy od tej epoki, to jest od końca wieku ubiegłego, nie ustawano w usiłowaniach zbudowania *wozów parowych*, poruszających się po drogach zwyczajnych.

W r. 1769, oficer szwajcarski, nazwiskiem Planta, wystąpił z projektem zastosowania maszyny parowej do ciągnienia wozów po drogach zwyczajnych. Józef Cugnot, inżynier francuzki, urodzony w Void, w Lotaryngii posunął dalej ten projekt; zbudował bowiem wóz parowy, z którym odbywał doświadczenia w r. 1770, w obecności Choiseul'a, ministra Ludwika XV, i sławnego generała Gribeauval, jednego z twórców artyleryi nowoczesnej. Ale maszyna parowa, taka jaka istniała w tej epoce, nie dała się w żaden sposób zastosować do tego użytku, gdyż ilość wody, jaką można było umieścić na wozie była tak małą, że trzeba się było zatrzymywać co kwandrans, dla odnowienia zapasu wody w kotle.

Fig. 112 przedstawia *wóz parowy* Cugnot'a. Kocioł A, zaopatrzony

w piec, umieszczony jest na przodku. Para, której dostarcza kocioł, przechodzi za pośrednictwem rury do dwóch cylindrów *cc*, których tłoki działają na przednie koła wozu B B', które są kołami ruch nadającemi.

Nadzwyczajne tarcie kół o ziemię, które stawiało zbyteczny opór sile poruszającej, i bardzo zły ustrój przyrządu parowego, musiały pociągnąć za sobą niepraktyczność tego nieudolnego i pierwotnego zarodka jazdy parowej.

Pierwsze te próby mogły obiecywać pewien rezultat dopiero po dokonanych ulepszeniach w maszynach parowych i po wynalezieniu maszyn z wysokiem ciśnieniem.

W Ameryce, Olivier Evans, wynalazca maszyny z wysokiem ciśnieniem, zajmował się około r. 1790 zbudowaniem wozu parowego, poruszającego się na zwyczajnych drogach, zapomocą maszyny z wysokiem ciśnieniem; ale nie uzyskał praktycznego rezultatu.



Fig. 112.

W Anglii najprzód zdołano wyciągnąć pewne korzyści z zastosowania pary do pociągu. Trevithick'owi i Vivian'owi, konstruktorom w hrabstwie Kornwalii, należy się zasługa z dokonania tej pierwszej próby. To, co się nie powiodło Evansowi w r. 1790, im udało się dla tego, że po równie jak jego niefortunnych próbach poruszania wozów parowych po drogach zwyczajnych, wpadli na szczęśliwy pomysł zastosowania lokomotywy do dróg z szynami żelaznemi, które, od tej epoki, były używane w wielu fabrykach i kopalniach angielskich.

Na drogach zwyczajnych, wiele zawad szkodzi szybkiemu posuwaniu się wozów. Koła doznają wielkiego oporu z powodu silnego tarcia się o ziemię. Jeżeli ziemia jest piaszczystą albo kamykowatą, przedstawia nierówności poziomu, które sprawiają utratę części siły poruszającej, zmuszonej pokonywać te drobne spadki; prócz tego wyboje, jakie się tworzą po drogach, utrudniają regularność ruchu.

Dla zmniejszenia o ile możności oporu jaki przedstawia nierówność

dróg, Rzymianie wymyślili brukowanie dróg publicznych najbardziej uczęszczanych, kamieniem cementowanym i bardzo twardym. Ale bruk ten był bardzo kosztowny i używany był przez starożytnych w bardzo rzadkich tylko okolicznościach.

Około siedemnastego wieku, poczęto w Anglii używać do robót w kopalniach, kolei drewnianych, ułożonych wzdłuż drogi, w celu zmniejszenia tarcia kół. Kładziono na ziemi dyle dębowe w nieprzerwanej linii, tworzące rodzaj wklęsłej kolei, wewnątrz której poruszały się koła

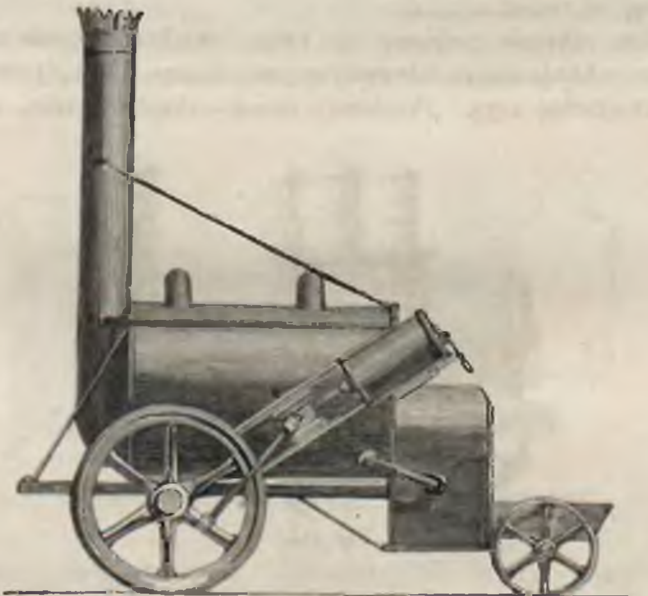


Fig. 113.

zaopatrzone w rodzaj listwy wypukłej, która je utrzymywała we wnętrzu owej drewnianej kolei.

Ponieważ drzewo nie jest bardzo wytrzymałem, więc sztuczne takie koleje zużywały się dosyć prędko. Postanowiono je zatem zastąpić kolejami z surowca. Później, dzięki obniżeniu się ceny żelaza, zastąpiono niem surowiec. Szczęśliwa ta zamiana nastąpiła w r. 1789.

Tak zaprowadzone *drogi z kolejami żelaznemi wklęsłemi*, używane odtąd były w wielu kopalniach i fabrykach angielskich. Siłę pociągową wozów czyli wagonów stanowiły konie.

W r. 1804 konstruktorowie Trevithick i Vivian, powzięli myśl zastą-

pienia koni, na drogach żelaznych w kopalniach, swoją lokomotywą, którą napróżno usiłowali zastosować na drogach zwyczajnych. Umieszczona na szynach, ruchoma ta maszyna parowa była w stanie ciągnąć, oprócz własnego ciężaru, kilka wagonów węglem naładowanych.

Fig. 113 przedstawia lokomotywę Trevithicka i Viviana. W pośrodku jej znajduje się kocioł, który puszcza z siebie parę w dwa cylindry, umieszczone pochyło ponad kołami przedniemi, które nadają ruch maszynie. Ognisko objęte jest w tym samym wielkim cylindrze, który okrywa i osłania kocioł. Kilka kopalń węgla zaprowadziło tę pierwotną lokomotywę na swoich szynach.

Ważne odkrycie zrobiono w r. 1813. Blacket, inżynier angielski, dostrzegł, że kiedy ciężar lokomotywy jest znaczny, koła jej nie ślizgają się po powierzchni szyn. Przekonał on się z doświadczenia, że dzięki

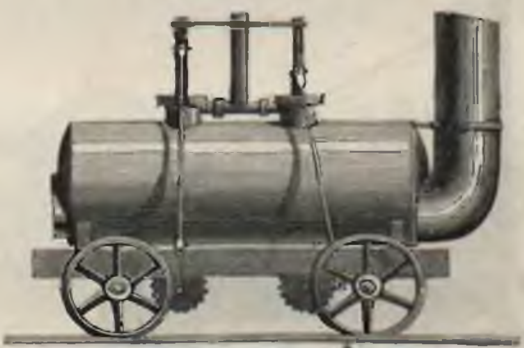


Fig. 114.

pewnym nierównościom, istniejącym zawsze na powierzchni szyn, mimo ich wypolerowania, koła znajdują na nich pewien punkt oparcia, który im się pozwala posuwać naprzód. Aż do tego czasu sądzono, że ponieważ powierzchnie zarówno kół, jak i szyn, są bardzo gładkie, więc koła powinnyby się obracać w miejscu, albo przynajmniej, posuwając się, tracić przez ślizganie się ogromną ilość siły. Doświadczenia Blacket'a dowiodły, że nadając lokomotywie ciężar kilku tonn, można pokonać to ślizganie się kół i bardzo tylko małą ilość siły w skutek niego tracić.

Odkrycie to bardzo dobrze usposobiło dla lokomotyw, będących wówczas w użyciu na drogach żelaznych wewnątrz kopalń i około fabryk. W r. 1812 Jerzy Stephenson zbudował lokomotywę (fig. 114), która dość korzystnie funkcyonowała na drogach żelaznych fabryk w Killingworth.

Ale odkrycie, które wywołało można powiedzieć nagle, powstanie

kolei żelaznych, zawdzięczamy inżynierowi francuzkiemu, Seguin'owi starszemu, rodem z Annonay. W r. 1829 Seguin starszy, pierwszy zbudował *kocioł rurowy*, to jest kocioł parowy, w którym powierzchnia wystawiona na rozgrzanie będąc bardzo rozległą, pozwala wytwarzać w danym czasie nadzwyczajną ilość pary.

Figura 115, przedstawiająca przekrój kotła zwanego rurowym, okazuje jasno korzyści tego ustroju kotła, wytwarzającego wielką ilość pary z małej ilości wody. F jest ogniskiem. Dym i gazy pochodzące z palenia, ażeby się dostać na zewnątrz rurą komina C, muszą przechodzić przez wązkie rury podłużne. Woda zajmuje przedziały między temi rurami. Wystawiając tym sposobem znaczną powierzchnię na działanie gorąca, woda szybko wrzeć zaczyna i wytwarza wielką ilość pary w bar-

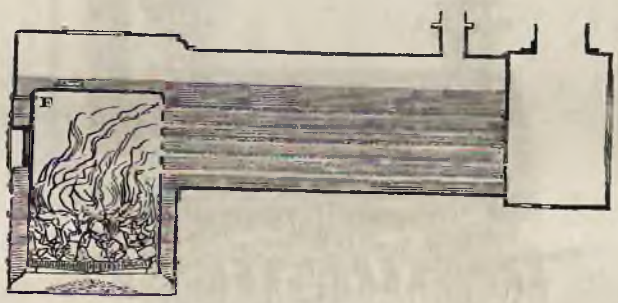


Fig. 115.

dzo krótkim przeciągu czasu. A ponieważ siła maszyny parowej zależy od ilości pary, jaka może być dostarczaną do cylindrów, więc pokazuje się, że kocioł zwany *rurowym* przyczynia się wielce do wzmocnienia siły maszyny parowej.

Użycie kotłów rurowych do lokomotyw, wzmogło nadzwyczajnie siłę tego przyrządu ruch nadającego.

W r. 1830 w Liwerpoolu, w Anglii, zaszedł wypadek, który ostatecznie wprowadził w życie koleje żelazne europejskie. Zrazu postanowiono poruszać pociągi na kolei żelaznej z Liwerpoolu do Manchestru zapomocą maszyn parowych stałych, które, rozstawione wzdłuż drogi, miały ciągnąć wagony od stacyi do stacyi. Dyrektorowie atoli tej kolei zdecydowali się na użycie na niej lokomotyw. Ogłosili oni konkurs publiczny, zaprosiwszy wszystkich konstruktorów angielskich, aby na nim przedstawili modele lokomotyw. Nagroda przysądzona została lokomotywie «*Ra-*

ca», wyrobu Jerzego i Roberta Stephensonów. Wyższość tej maszyny nad innemi zaprodukowanemi na konkursie polegała na tem, że konstruktor zastosował do niej kotły *rurowe* Seguin'a.

Fig. 116 przedstawia właśnie tę lokomotywę Stephensonów.

Lokomotywy przeznaczone na kolej z Manchester'u do Liwerpool'u, zbudowane były na wzór «Racy». Korzyści tego systemu wkrótce tak się stały jawnemi, że ta kolej żelazna, zbudowana zrazu jedynie do przewozu towarów, niebawem oddaną została na usługi podróżnych.

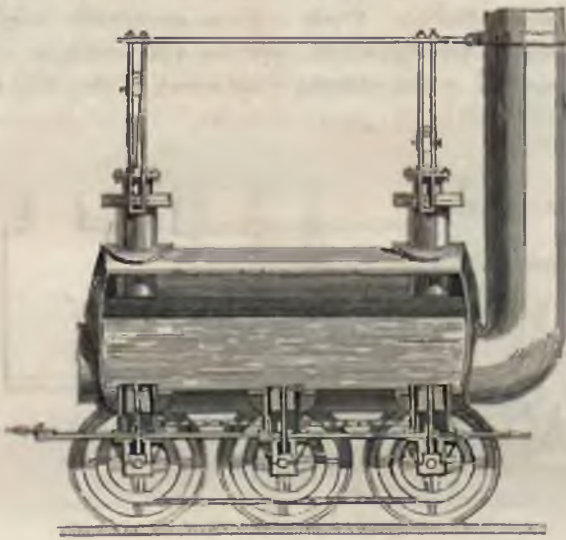


Fig. 116.

Ten pomyślny obrót kolei liwerpolsko-manchesterskiej zdecydował o powszechnem przyjęciu dróg żelaznych w całej Europie. Anglia, Belgia, Niemcy, wreszcie Francya i inne narody europejskie, w przeciągu lat dziesięciu, t. j. od 1840 do 1850, wzbogaciły się ogromną ilością tych dróg nowych, które we wszystkich krajach podnoszą majątek publiczny, a handlowi i przemysłowi nieporównane zapewniają korzyści. Powiedział ktoś, że koleje żelazne dokonały w dzisiejszem społeczeństwie rewolucyi podobnej do tej, jaką w wieku piętnastym wywołał druk, — i w słowach tych nie ma wcale przesady.

A teraz przejdźmy do opisu lokomotywy.

Lokomotywa jest maszyną parową o wysokiem ciśnieniu, która ciągnie siebie samą, a nadmiarem swojej siły ciągnie, oprócz potrzebnego jej

zapasu wody i paliwa, mniej więcej znaczną liczbę wozów, składających pociąg.

Fig. 117 przedstawia przekrój i główne części lokomotywy. Przy-

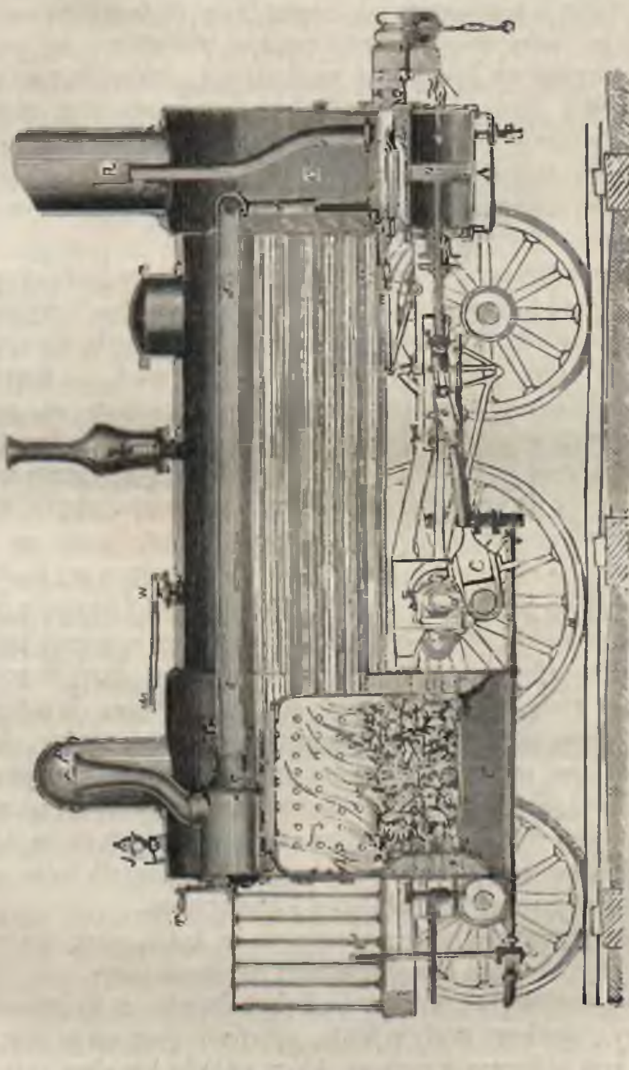


Fig. 117.

rząd poruszający przedstawia tu cylinder A, którego drąg *b* przytwierdzony do tłoka *a* i zaopatrzony w drugi drąg ruchomy *cc*, działa na jeden z promieni jednego z kół *m*, w celu posuwania naprzód tego koła po szy-

nach. Dwa podobne przyrządy umieszczone są po obu bokach lokomotywy, i każdy działa na jedno koło ruch nadające. Ten podwójny popęd stanowi o posuwaniu się wozu po szynach.

Ale jakiż to jest układ mechanizmu w tym przyrządzie parowym, że w przestrzeni tak szczupłej jak lokomotywa, może wytwarzać ogromną siłę, jakiej potrzeba do poruszania ciężkich pociągów z szybkością, dochodzącą czterdziestu kilometrów na godzinę? Objaśnia nam to widziany na tej samej figurze (117) przekrój przyrządu służącego w lokomotywie do wytwarzania pary. Lokomotywa jest maszyną parową o wysokiem ciśnieniu, to jest bez kondensatora. Oto ustrój przyrządu wytwarzającego parę i przyrządów nadających ruch, czyli cylindrów parowych w tej maszynie.

Ognisko umieszczone jest w M. Przestrzeń ta podzieloną jest na dwie części kratą pionową, służącą do tego, aby zapobiedz wypadaniu paliwa; G, to popielnik, M ognisko właściwe, w którem palą się węgle.

Kocioł, który zajmuje prawie całą długość wozu, ma kształt walcowaty czyli cylindrowy; przechodzi przeń znaczna liczba rur poziomych; liczba tych rur, w zwykłej lokomotywie, przenosi sto. Te rury, które stanowią przyczynę wytwarzania ogromnych ilości pary przez kotły lokomotywowe, służą do przepuszczania dymu i gazów tworzących się w ognisku i do powiększenia znacznie powierzchni wystawionej na działanie ognia. Przeszedłszy przez te rury, gazy wytwarzające się podczas palenia dostają się do przestrzeni O, czyli do tak zwanej *dymnicy* i wydobywają się na zewnątrz kominem. Przechodząc przez te rury przy temperaturze bardzo wysokiej, którą wynoszą z ogniska, gazy te rozgrzewają nader szybko wodę w kotle, napełniającą rozdzielające je ustępy. Tym sposobem gorąco na tysiącznych punktach udziela się wodzie, która bardzo prędko wrzeć zaczyna, i w nader krótkim przeciągu czasu dostarcza ogromnej ilości pary. Ponieważ zaś siła maszyny parowej ma się w stosunku ilości pary dostarczonej w tym samym przeciągu czasu do cylindra ruch nadającego, a więc okoliczność ta, to jest kształt kotła rurowego, tłómaczy nadzwyczajną siłę, właściwą lokomotywom.

Klapa bezpieczeństwa *w* umieszczona na kotle, służy do zapobieżenia straszliwym skutkom zanadto silnego natężenia pary.

Ponad kotłem wznosi się tak zwana *kopuła*, w której odbywa się, nieco powyżej poziomu wody w kotle, czerpanie pary na użytek maszyny, a to zapomocą kończyny *p* rury *qs*, która wązkim kanałem przeprowadza parę do cylindrów, umieszczonych, jak to już powiedzieliśmy, po obu bokach lokomotywy.

Zamiast wyrzucać parę poprostu w powietrze, jak się to dzieje

w maszynach stałych działających z wielkiem ciśnieniem, para ta zostaje skierowaną w komin lomotywy, przez otwór R rury OR, i tamtędy dopiero wydostaje się ostatecznie na powietrze, zmięszana z gazami i dymem wychodzącym z ogniska. Jakoż każdy z nas widział zapewne, że tym samym kominem wydobywają się kolejno, albo razem, i dym z ogniska, i para z kotła.

I nie dzieje się to bez przyczyny, że para wychodząca z cylindrów skierowaną zostaje w komin lokomotywy. Środek ten przyczynia się wielce do podniesienia siły parowania kotła, a tem samem i do podniesienia siły samej maszyny. To ciągłe wpuszczanie prądu pary w dolną część komina, sprawia n a d z w y c z a j n y ciąg w kominie. Ten prąd pary pociąga za sobą i wypycha powietrze zajmujące rurę kominową; dla tego na drugim końcu, to jest w ognisku, następuje wciąganie coraz nowych ilości powietrza, a ciąg w kominie nabiera przez to nadzwyczajnej energii. Paliwo płonie bardzo prędko pod wpływem tego ciągu powietrza, bezustannie podtrzymywanego; tak więc owa rura doprowadzająca parę do komina, jest jedną z najskuteczniejszych przyczyn siły lokomotyw.

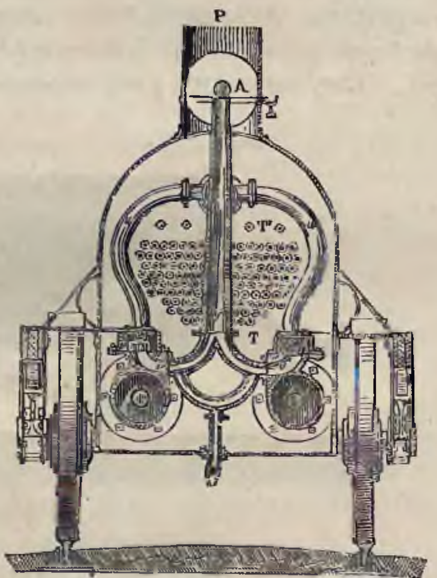


Fig. 118.

Trudno byłoby wywołać odpowiedni ciąg powietrza dla utrzymania ognia w ognisku, wpośród tej setki rurek, które dym musi przechodzić zanim się wydostanie na powietrze; dowcipny pomysł tej rury, zwanej niekiedy *dmuchającą*, cudownie zaradził tej przeszkodzie.

Figura 118 przedstawia ustrój rury dmuchającej, umieszczonej na przodku lokomotywy. Na figurze tej widzimy zakończenie rurek przez które dym przechodzi TT, i połączenie się dwóch rur idących od cylindrów i schodzących się w jednę rurę, będącą kanałem którym uchodzi para, czyli *rurą dmuchającą* A, która wpada w dolną część komina.

Widzimy ostatecznie, że w kotle rurowym i w rurze dmuchającej leży tajemnica ogromnej siły poruszającej, właściwej lokomotywie. Autor

tego ważnego odkrycia, inżynier francuzki Seguin, winien być uważany jako prawdziwy twórca kolei żelaznych.

Koniecznem uzupełnieniem lokomotywy jest wóz nazwany *tendrem*, który dźwiga na sobie opał i inne zapasy do zasilania ruchu maszyny potrzebne. Koks umieszczony tam jest w przestrzeni mającej kształt podkowy, otoczonej naczyniem z wodą, którego ściany są z blachy żelaznej i które zawiera w sobie pięć do ośmiu tysięcy litrów płynu. Wprowadza się doń wodę zapośrednictwem ostrokręgu wklęsłego z miedzi czerwonej, zaopatrzonego w drobne dziurki i zanurzonego w naczynie od tyłu, jak to widzimy na fig. 119. Ten rodzaj sita, przez które przechodzi woda przeznaczona do zasilania kotła, służy do powstrzymywania nieczystości i drobnych przedmiotów, które mogłyby szkodzić ruchowi pomp zasilających. Rury ssące tych pomp wpuszczone są w spód naczynia, ku przo-



Fig. 119.

dowi tendra, a dwie klapy, które palacz otwiera lub zamyka według woli, służą do wpuszczenia wody do kotła, albo też do przerwania jej dopływu.

Tender, połączony odpowiedniemi przyrządami z jednej strony z lokomotywą, z drugiej z pierwszym wagonem pociągu, zaopatrzony jest zawsze w hamulec, który działając wprost na koła, zwalnia stopniowo szybkość biegu, gdy idzie o zatrzymanie pociągu.

Lokomotywy używane po dworcach kolei i na kolejach obwodowych, które muszą mieć szczupłe rozmiary, aby mogły przechodzić popod małe mosty na drogach, mają przyrząd parowy złączony w jedno z tenderem. Woda i paliwo umieszczone tam są nad i pod cylindrem parowym.

Rozróżniamy zwykle trzy rodzaje lokomotyw: lokomotywy obsługujące *pociągi osobowe*; lokomotywy używane do *pociągów towarowych*, i lokomotywy przeznaczone do *pociągów mieszanych*. Oprócz tych, *lokomo-*

tywy połączone z tendrem i *lokomotywy górskie*, systemu Engerth'a lub innego,stanowią osobne typy.

Jazda *szybka* czyli *pospieszna* po kolei żelaznej wynosi co najmniej 40 kilometrów na godzinę; dochodzi jednak 60 a czasami nawet 100 kilometrów, kiedy liczba wagonów w pociągu nie jest zbyt wielka.

U maszyn przeznaczonych do jazdy z wielką szybkością, koła ruch nadające mają bardzo wielką średnicę (do 2$^{m.}$, 3), i są zupełnie od innych kół odosobnione; cylindry są u nich krótkie, tłoki więc odbywają w nich także krótkie ruchy.

Najwybitniejszym typem tego rodzaju lokomotywy jest *lokomotywa Crampton'a*, pełniąca służbę z nadzwyczajną szybkością, i używana do pociągów kuryerskich na większej części dróg żelaznych francuzkich.

Lokomotywy przeznaczone do pociągów towarowych, mają koła ruch nadające daleko mniejsze, a cylindry parowe dłuższe. Oprócz tego, koła te są u nich połączone z innemi kołami, zapomocą odpowiednio urządzonego drążka. Maszyny te zyskują o tyle na sile, o ile tracą na chyżości. Nie robią więcej jak 30 kilometrów na godzinę, ale mogą uciągnąć do 45 wagonów, naładowanych po 10 tonn każdy. Najwybitniejszym typem tej kategoryi maszyn, jest lokomotywa Engertha, inżyniera austryackiego.

Chyżość lokomotyw do pociągów mięszanych bywa rozmaita, od 30 do 50 kilometrów na godzinę, a siła ich wystarcza do uciągnięcia 20—25 wagonów naładowanych. Koła ich mają 1,5 m. średnicy, a całe ich zresztą urządzenie przedstawia typ pośredni między dwoma poprzedzającemi.

Ciężar lokomotywy *Crampton'a*, wraz z tendrem, wynosi około 46 tonn (każdy tonn po 1,000 kilogramów); ciężar lokomotywy *Engertha* 63 tonn, a lokomotywy do mięszanych pociągów 35 tonn.

Siła mechaniczna lokomotywy równa się sile 200—300 koni (parowych). Łatwo sobie wystawić, że tarcie i ciśnienie takich ogromów na szyny, musi zepsuć drogę w bardzo krótkim czasie, jeżeli z nadzwyczajną starannością nie jest zbudowana.

Damy więc tutaj ogólny opis sposobu, w jaki takie drogi się budują.

Gdy chodzi o poprowadzenie nowej drogi żelaznej, zaczyna się najprzód od zbadania miejscowości, przez które ona ma przechodzić; potem przystępuje się do niwelacyi i wytknięcia (trasowania) linii, której zakrzywienia i spadki nie mogą pewnych granic przechodzić. Po skończeniu trasowania, rozpoczynają się roboty ziemne, kopanie przekopów, wyrównywanie wklęsłości i wyniosłości. W miejscach położonych bardzo nizko, przebija się tunele, mające niekiedy długość niemałą.

Najdłuższym dotąd na świecie jest tunel w górze Cenis, ukończony we wrześniu 1871 r., około którego roboty trwały lat dwanaście. Tunel

ten, przechodzący na wskróś przez całą massę Alp, ma 12 kilometrów długości. Łączy on drogi żelazne francuzkie z włoskiemi.

W innych punktach swojego przebiegu, droga żelazna natrafia na rzeki, doliny i rozmaite wklęsłości. W takich razach buduje się mosty i wiadukty.

Gdy te wszystkie przygotowania konstrukcyjne ukończone zostaną, przystępuje się do położenia drogi.

Droga sama, przeciw deszczom i skutkom ciągłych wstrząśnień, pochodzących z przejazdu pociągów, zabezpieczona zostaje warstwą materyałów przepuszczających, zwanych *balastem*, które przepuszczają przez siebie wody opadające z atmosfery i dozwalają im ściekać po nachylonym zlekka nasypie.

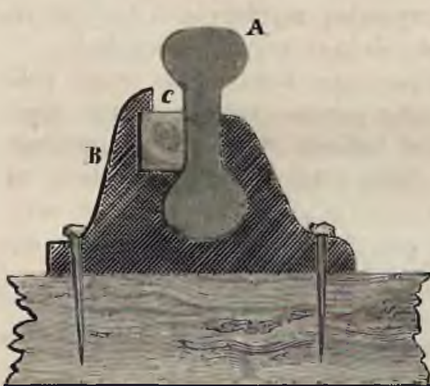


Fig. 120.

Balast pełni oprócz tego niejako służbę materaca, osłabiając wstrząśnienia, jakichby doznawały wagony. W tej to warstwie osadzają się szyny żelazne, po których toczą się koła wagonów.

Szyny spoczywają na *progach*, to jest na kawałkach drzewa ułożonych na balaście, których celem jest ustalenie drogi i nadanie, że się tak wyrazimy, solidarności dwóm liniom szyn.

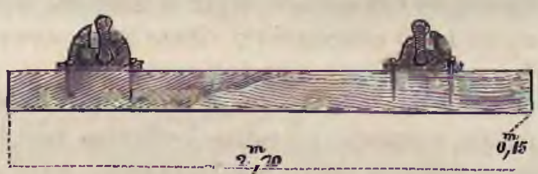


Fig. 121.

Figura 120 przedstawia nam kształt, jaki nadają dziś szynom w większej części krajów, a który pozwala na odwrócenie ich, gdy się jedna strona szyn zużyje.

Dwie następujące figury przedstawiają: pierwsza (121) profil progu, w którym osadzone są szyny podwójne (dające się użyć na dwie strony); druga (122) widok perspektywiczny części drogi, z szynami pojedynczemi.

Tam gdzie się droga żelazna rozchodzi w dwie strony, nadaje się pociągowi dowolny kierunek w jednę lub drugą stronę zapomocą układu szyn, zwanego zmianą toru; inny przyrząd służy do nadania kierunku

pociągowi, w razie, gdy jedne szyny przecinają drugie; a inny znów, gdy się dwie drogi żelazne krzyżują z sobą.

Figura 123 przedstawia właśnie ten ostatni przyrząd.

W razie gdy idzie o skierowanie pociągu na jedno z licznych rozgałęzień drogi żelaznej, używa się przyrządu bardziej skomplikowanego,

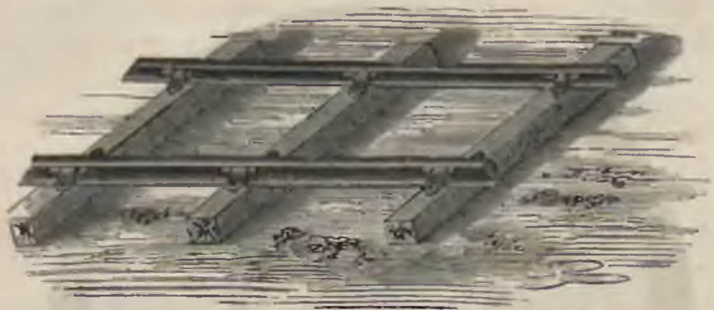


Fig. 122.

zwanego *zwrotnicą*. Przyrząd ten składa się z kawałków szyn, zaciętych klinowato i poruszających się zapomocą drążka, które końcami swe-



Fig. 123.

mi przystają do szyn tej drogi, która ma pozostać wolną, a naprowadzają koła wagonów na drogę nową, którą pociąg ma iść dalej. Osobny urzędnik, zwany *zwrotniczym*, ma obowiązek nadawać zwrotnicy ruch potrzebny do przeprowadzenia pociągu z jednej drogi na drugą.

Platformy są również przeznaczone do zmiany kierunku drogi. Są to kręgi ruchome, spoczywające na osi żelaznej, i mające na górnej po-

wierzchni swojej kawałki szyn, przeznaczone do połączenia dwóch części dróg przerwanych.

Mechanizm platform jest bardzo prosty. Płyta wierzchnia, mająca

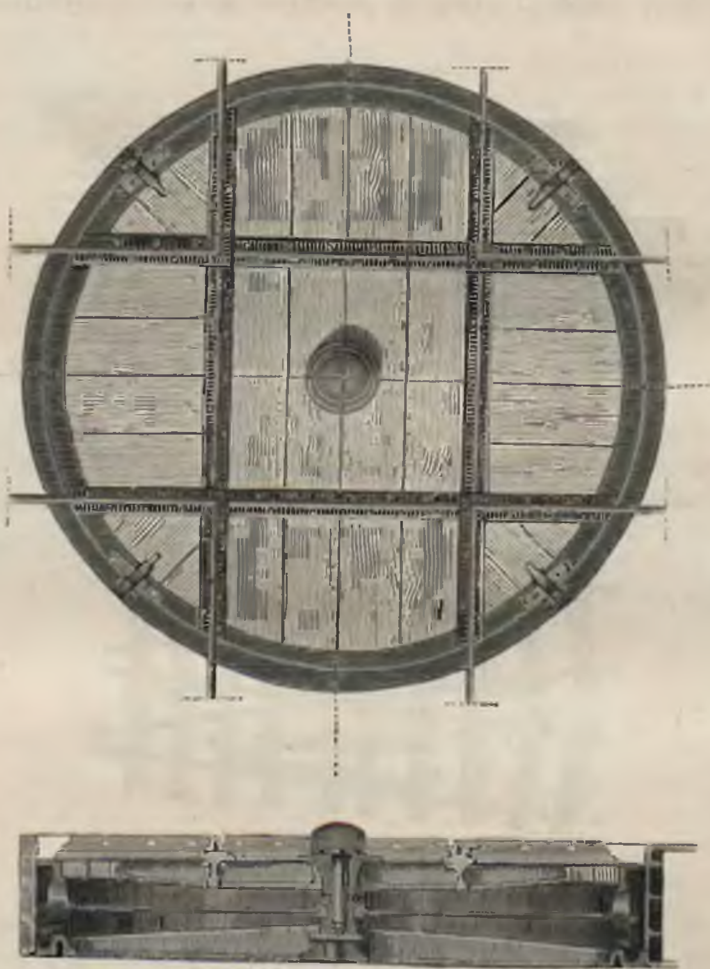


Fig. 124.

na swoim obwodzie szynę kolistą, obraca się dokoła na osi. Szyna kolista spoczywa na rolkach taczających się między nią a drugą szyną kolistą umieszczoną niżej, w głębi dołu. Obie te szyny wyrobione są jak najsta-

ranniej, ażeby rolki, na których się opierają, mogły się taczać bez żadnej przeszkody.

Figura 124 przedstawia platformę prostokątną, dozwalającą umieszczonemu na niej wagonowi przejść z jednej drogi na drugą, która tamtę przecina pod kątem prostym. Widzimy na niej także dół, mieszczący w sobie rolki, na których się platforma obraca.

Ponieważ platformy są bardzo drogie, zastępują je niekiedy wozami, poruszającemi się na drogach poprzecznych, na które ładuje się wagony, które trzeba przenieść z jednej z dróg równoległych na drugą.

Jadąc koleją żelazną, napotykamy po drodze wielkie słupy z lanego żelaza, zaopatrzone w rurę miedzianą. Są to zbiorniki wody, przeznaczonej do zasilania kotłów, a raczej do odnowienia zapasów wody w tendrze.

Zbiorniki hydrauliczne są to cylindry z lanego żelaza, napełnione wodą, zamknięte klapą umieszczoną w dolnej ich części. Do tej klapy przytwierdzony jest drąg żelazny. Chcąc odnowić zapas wody w tendrze wpuszcza się koniec rury zbiornika w tender, a następnie pociągnąwszy za ów drąg żelazny, odmyka się ową klapę i wypuszcza się wodę.

Można ogrzewać wodę zawartą w zbiorniku i zasilać kocioł wodą już ciepłą, co dużo czasu oszczędza. W tym celu u spodu zbiornika istnieje piec, w którym się pali taniem jakiem paliwem.

Gdy zachodzi potrzeba zbiornika większych rozmiarów, zbiornik ten przybiera postać budynku murowanego, piętrowego, w którym na piętrze znajduje się wielki zbiornik murowany, a na dole maszyna parowa poruszająca pompami dźwigającemi wodę do zbiornika.

Objaśniwszy mechanizm lokomotyw i drogi żelaznej, wypada jeszcze powiedzieć parę słów o wagonach, służących do przewożenia osób i towarów.

Jednę z najważniejszych części wagonów kolejowych stanowią koła. Każde dwa koła odpowiadające sobie, po dwóch bokach wagonu, stanowią jednę całość z osią, która je łączy i która obraca się w odpowiednio urządzonych pierścieniach. Taka solidarność każdych dwóch naprzeciw siebie leżących kół potrzebna jest na to, aby uniknąć wykolejenia, w razie gdyby jedno z kół trafiło na jakąś przeszkodę, a drugie nie przestało się mimo tego obracać.

Wagony są bardzo rozmaitego kształtu; zarówno osobowe, jak przeznaczone do przewożenia zwierząt i towarów martwych, w każdym niemal kraju mają pewne odrębne i właściwe urządzenia, wyrobione miejscowemi potrzebami, okolicznościami i zwyczajem.

Patrząc na pociąg będący w ruchu, ciągnięty przez piekielnego Pegaza z ognistemi oczyma, z palącym oddechem, nasuwa się samo z siebie

pytanie, jakim sposobem można powstrzymać tę massę ogromną, raz w ruch puszczoną.

O powstrzymaniu pociągu nagle, na miejscu, i myśleć nawet nie można, gdyż zatrzymanie go takie wywołałoby wstrząśnienie straszliwe, równające się spadnięciu z czwartego piętra. Można więc tylko stopniowo zmniejszać szybkość ruchu. Rezultat ten osiąga się zapomocą *hamulca*, który za odpowiedniem poruszeniem drążka przez konduktora, przyciska tak zwane *trzewiki* drewniane, do obudwu kół.

Figura 125 wskazuje, jakim sposobem nadaje się ruch drążkom składanym, które poruszają trzewikami. Drąg poziomy A, którego część tylko widzimy, zostaje wprawiony w ruch przez konduktora. Dzięki kolanu urządzonemu w B, popycha on drążek dwuramienny CD, a dwa ra-

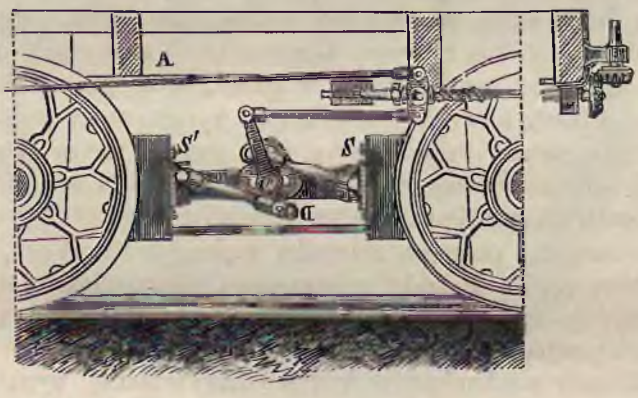


Fig. 125.

miona tego drążka przyciskają trzewiki SS' do kół, i tym sposobem zwalniają ruch stopniowo.

Gdy zachodzi potrzeba zatrzymania pociągu, maszynista gwiżdże, w celu ostrzeżenia konduktorów, którzy natychmiast naciskają przyrządy do hamowania. Mimo tego pociąg, zanim się zatrzyma, ubiega czasami cały kilometr, tak silnym jest nadany mu rozpęd.

Nie mamy dotąd systemu hamulców, zdolnych powstrzymać pociąg w krótkim czasie. Na szczęście, wypadki wymagające nagłego powstrzymania pociągu stały się bardzo rzadkiemi, dzięki systemowi sygnałów czyli znaków, ostrzegających maszynistę o wszystkiem, co się dzieje na drodze.

Sygnały te w każdym prawie kraju są inne; a że prócz tego zmie-

niają one się i udoskonalają ciągle, mówić więc o nich tutaj byłoby zbytecznem.

Drogi żelazne nadały znaczny popęd i nową fizyognomią utworom architektury. Dworce kolei otwarły nowe pole dla geniuszu budownictwa, którego działalność nowemi żywiołami wzbogacona tutaj została. Materyał żelazny zastąpił materyał drewniany; belki metalowe wyrugowały dawniejsze belki drewniane. Z tego powstał styl zupełnie nowy, przeznaczony na to, aby zadość czynił potrzebom ogromnego ruchu, a obok tego zadowolnił wymagania smaku i odpowiadał wymaganiom hygieny i wygody. Architektura kolei żelaznych już się dziś ustaliła. Nosi ona na sobie piętno wieku, który punkt honoru swego położył w pracy, tak jak wiek poprzedni kładł go w wojnach, a dawniejsze wieki w umartwieniach i pokorze ducha.

Od kolei żelaznych, styl architektoniczny przejdzie zwolna do innych gałęzi przemysłu, i przeobrazi z gruntu ciężkie ich budowy, wprowadzając w nie to, co charakteryzuje architekturę dróg żelaznych, to jest elegancyą i zastosowanie do użycia.

Każdy naród cechuje się inaczej w stylu architektonicznym dróg żelaznych. Niemcy odznaczają się gmachami silnemi, zsiadłemi, potężnemi; Anglia wysmukłością budynków kolejowych; Francya elegancyą i sztuką, połączoną z zastosowaniem do przemysłu.

Lokomobile.

Lokomobilą nazywamy maszynę parową, która daje się przeprowadzać z jednego miejsca na drugie, celem wykonywania tam pewnych prac mechanicznych. Głównie używaną bywa do prac rolniczych.

Maszyna parowa, przeznaczona do wykonywania prac rolniczych, a mianowicie do młocki, do wyrabiania na miejscu rur drenowych, do zaprowadzenia nawodnień, do siewu a nawet do orki, przyszła do nas z Ameryki. Brak rąk do pracy, wysokie ceny pracy ręcznej, zniewoliły rolników Stanów Zjednoczonych do zastąpienia w wielu razach, przy robotach około ziemi, rąk robotników maszyną parową.

Anglia, pierwsza po Ameryce przyswoiła sobie lokomobilę, i nie omieszkała osiągać z niej rezultatów niezmiernie ważnych pod względem oszczędności dla prac rolniczych.

Wystawa powszechna londyńska w r. 1851, która przedstawiła ośmnaście podobnych maszyn rozmaitego ustroju, zaznajomiła Europę przemysłową z lokomobilami. Francya skorzystała pierwsza z tej znajomości. Rola lokomobil ogranicza się tam dotąd głównie do zastosowania ich do

młocki i wyrobu rurek drenowych, niebawem jednak, zdaje się, przybierze ona szerszy zakres i rozmiary. Gospodarze niemieccy poczynają także coraz więcej posługiwać się lokomobilą, a i u nas, lubo zwolna, maszyna ta dobija się prawa obywatelstwa.

Nie należy się wcale obawiać, aby użycie przyrządów mechanicznych do prac rolniczych, zagrażać miało odjęciem pracy robotnikom, gdyż doświadczenie wszystkich narodów stwierdziło ten fakt pocieszający, że zaprowadzenie maszyn w rozmaitych gałęziach przemysłu nietylko nie

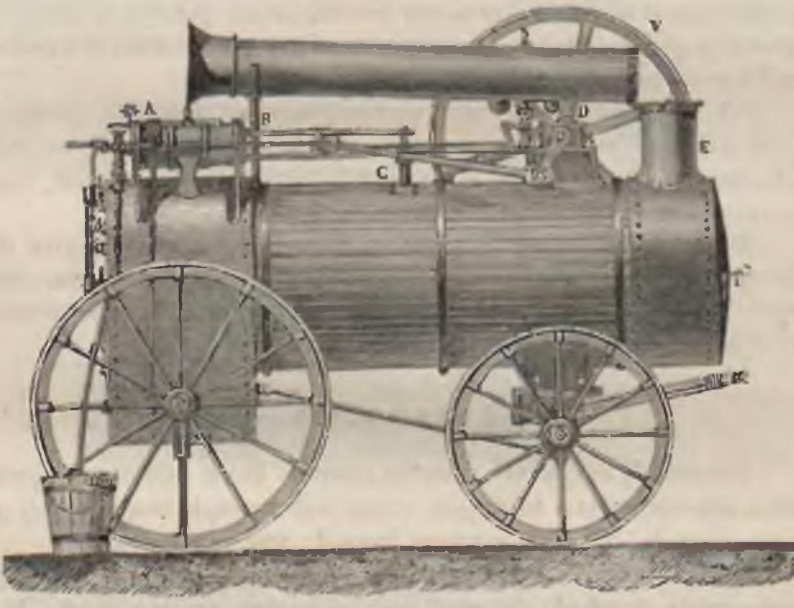


Fig. 126.

zmniejszyło liczby robotników, ale ją owszem powiększyło, a los ich polepszył się znacznie.

* * *

Lokomobila, jako maszyna przeznaczona do tego, aby ją w ruch puszczali ludzie mało doświadczeni, i aby działała jedynie w pewnych przerwach i często była rozbieraną, musi być w budowie swojej o ile możności jak najmniej skomplikowaną. Jakoż uproszczono ją niezmiernie, sprowadziwszy ją do części składowych niezbędnych, tak, iż lokomobila jest właściwie tylko jakoby zarodkiem maszyny parowej.

W lokomobilach para nie skrapla się nigdy, maszyna jest o wyso-

kiem ciśnieniu. Tym sposobem usunięte zostają części ciężkie i zawikłane, służące w maszynach o nizkiem ciśnieniu do skraplania pary. Sprowadzona przez to do niewielkiego stosunkowo ciężaru, osadzona na kołach i zaopatrzona w dyszle, do których zaprzęga się konie, lokomobila z łatwością daje się przeprowadzać z jednego miejsca na drugie, nawet po wązkich i nierównych drożynach polnych.

Jak to widzimy na fig. 126, lokomobila jest maszyną parową, sprowadzoną do dwóch głównych części składowych, t. j. do kotła i cylindra. Kocioł w niej jest rurowy, podobnie jak w lokomotywie, tylko o mniejszej liczbie rur, co jednak zawsze pozwala wytwarzać znaczną ilość pary niewielką ilością wody. Zbiornik wody potrzebnej do zasilania kotła, stanowi poprostu wiadro albo beczułka stojąca na ziemi, z której maszyna czerpie wodę, zapomocą rury, w miarę swoich potrzeb. Sam ruch maszyny reguluje ilość wody wchodzącej do kotła.

Przyrząd nadający ruch, czyli cylinder parowy A, umieszczony jest poziomo ponad kotłem TT'. Zapomocą drąga B i korby C, tłok tego cylindra nadaje ruch obrotowy wałowi poziomemu D, umieszczonemu na poprzek lokomobili. Wał ten obraca osadzone na nim duże koło rozpędowe V.

Rzemień opasujący to koło, dozwala wykonywać wszelkie prace mechaniczne. Można np., założywszy ten rzemień na oś maszyny, której chcemy użyć do roboty, młócić zboże, poruszać pompy, wreszcie wykonywać wszelką czynność, wymagającą użycia motora. Rura kominowa EE, poruszająca się na zawiasie, może być spuszczoną na kocioł, aby maszyna mniej miejsca zajmowała w wozowni albo pod szopą, kiedy jest bezczynną.

XVII.

Maszyna elektryczna.

Nauka o elektryczności w starożytności i w wiekach średnich.—Wilhelm Gilbert i Otto Guericke. — Maszyna elektryczna Hauksbee'go. — Odkrycie przenoszenia się elektryczności na odległość. — Prace Dufay'a. — Zmiany w maszynie elektrycznej aż do naszych czasów. — Maszyna elektryczna ks. Nollet'a. — Maszyna Ramsden'a. — Maszyna Nairne'a. — Butelka lejdejska.— Szybkość przenoszenia się elektryczności.— Ostateczna konstrukcya butelki lejdejskiej. — Rozbiór fizyczny butelki lejdejskiej.

Nauka o elektryczności jest zupełnie nowożytną. Wszystko co nam starożytni przekazali w tej mierze, ogranicza się na znanej już im własności bursztynu, przyciągania ciał lekkich. Tales u Greków, na 600 lat przed narodzeniem Jezusa Chrystusa, Pliniusz u Rzymian, w pierwszym wieku ery chrześciańskiej, nie znali nic więcej oprócz tego pospolitego faktu przyciągania ciał lekkich przez bursztyn i żywicę. Filozofia bowiem starożytna lubiła odwracać wzrok od rzeczy ziemskich, a ulatywać ku rzeczom idealnym i oderwanym rozmyślaniom.

Zgłębiając wyrazy zamiast zgłębiania rzeczy, filozofia średnich wieków nie była w stanie lepiej niż starożytna zbadać i rozwinąć tej części nauki, która nas obecnie zajmuje. Dopiero z końcem XVI wieku widzimy pojawiające się studya nad elektrycznością, jednocześnie z metodą doświadczalną w umiejętnościach.

Wilhelm Gilbert, z Colchester, lekarz królowej angielskiej Elżbiety, po badaniach zjawiska przyciągania żelaza przez magnes, powziął myśl zbadania zjawiska przyciągania ciał lekkich przez bursztyn, które wydawało mu się, i słusznie, należeć do tej samej kategoryi. Do tych doświadczeń użył on lekkiej igły, podobnej do igły w kompasie, umieszczonej na

czopku; podobnie jak bussola, igła ta była nadzwyczaj ruchomą, najmniejsza siła przyciągania elektryczna obracała ją na czopku.

Niebawem Wilhelm Gilbert postanowił zbadać, czy i inne ciała oprócz bursztynu i żywicy, posiadają własność elektryczną. Wtedy przekonał się, że dyament, szafir, rubin, opal, ametyst, kryształ skalny, szkło, siarka, lak i t. p. przyciągały jego igłę, po poprzedniem ich potarciu. Gilbert robił i inne jeszcze doświadczenia, nie będąc jednak w stanie wyciągnięcia z nich wniosku ogólnego. Brakło mu narzędzia, potrzebnego do czynienia postrzeżeń ścisłych: w doświadczeniach swoich używał on je-



Fig. 127.

dynie rurki z materyału zdolnego do naelektryzowania, którą pocierał kawałkiem wełny a następnie zbliżał do ciała lekkiego, mającego kształt igły osadzonej na czopku.

Dopiero około r. 1650, burmistrz magdeburski, Otto Guericke, zbudował pierwszą maszynę elektryczną. Składała się ona z kuli urobionej z siarki, którą się obracało jedną ręką zapomocą korby, a drugą ręką pocierało się ją kawałkiem sukna.

Hauksbée, fizyk angielski, zastąpiwszy kulę z siarki używaną przez Guerickego. cylindrem szklannym, który się pocierało ręką, otrzymał sil-

niejszą maszynę elektryczną. Nieszczęściem dla nauki maszyna ta nie zyskała uznania, i wrócono do rurki szklannej Gilbert'a, którą pocierano materyą wełnianą.

Figura 127, wzięta z dzieła Hauksbée'go: «Doświadczenia fizyczno-matematyczne» przedstawia układ tej maszyny. Zapomocą dwóch kół drewnianych AA, które obracano korbą, wprawiano w ruch obrotowy cylinder B, i do tak wirującego cylindra przykładano rękę, dla naelektryzowania szkła przez to tarcie.

W r. 1729, Grey i Wehler, fizycy angielscy, dokonali ważnego odkrycia, to jest przenoszenia się czyli przepływania elektryczności wzdłuż pewnych ciał, które nazwali *przewodnikami* elektryczności. W dalszym ciągu swoich doświadczeń, fizycy ci doszli do podzielenia ciał na *dobre* i *złe przewodniki elektryczności.* Grey i Wehler przekonali się, że szkło, żywica, siarka, dyament, oleje i t. p., wstrzymują przepływ płynu elektrycznego, podczas gdy kruszce, płyny kwaśne i alkaliczne, woda, ciała zwierzęce i t. p., dozwalają mu wolnego przepływu.

Ci dwaj fizycy angielscy odkryli więc przenoszenie się czyli przepływ elektryczności na odległość, a prócz tego podzielili wszystkie ciała w przyrodzie na *elektryczne* i *nieelektryczne,* to jest na złe i dobre przewodniki. Były to więc dwa kroki, i to kroki ogromne, w tak nowej naówczas nauce o elektryczności.

Aż dotąd fakta spostrzegane przy doświadczalnych badaniach nad elektrycznością były dosyć liczne ale nadzwyczaj pogmatwane. Trzeba je było powiązać z sobą, wytłómaczyć, jednem słowem: stworzyć teoryą elektryczności.

Dufay, badacz przyrody i fizyk francuzki, członek akademii umiejętności i poprzednik Buffona na intendenturze paryzkiego ogrodu botanicznego (Jardin des Plantes), położył niemałą zasługę, rzucając pierwsze fundamenta tej teoryi. System objaśnienia zjawisk elektrycznych obmyślany przez Dufay'a sprawił, że dziś możemy sobie zdawać sprawę ze wszystkich tych zjawisk, w sposób prosty i łatwy.

Grey podzielił ciała na dające się naelektryzować i niedające się naelektryzować przez potarcie. Dufay dowiódł, że wszystkie ciała dadzą się naelektryzować, pod warunkiem, żeby były odosobnione, to jest trzymane za rękojeść ze szkła lub z żywicy. Wykazał również, że ciała organiczne charakter swój dobrych przewodników zawdzięczają jedynie wodzie, którą w sobie zawierają.

Lecz główna zasługa Dufay'a leży w tem, że ustanowił dwie zasady teoretyczne, które wyraził w tych słowach:

«1) Ciała naelektryzowane przyciągają wszystkie ciała nienaelektryzowane, a odpychają je jak tylko zostaną naelektryzowane, wskutek blizkości albo zetknięcia z ciałem naelektryzowanem.

«2) Dwa są różne od siebie rodzaje elektryczności: elektryczność *szklanna* i elektryczność *żywiczna*. Pierwsza znajduje się w szkle, w kamieniach drogich, w sierści zwierzęcej, w wełnie i t. p.; druga w bursztynie, jedwabiu, niciach i t. p. Cechą tych elektryczności jest, że jednoimienne się odpychają, a różnoimienne się przyciągają. Tak więc ciało napełnione elektrycznością szklanną, odpycha wszystkie ciała posiadające elektryczność szklanną, a przeciwnie przyciąga te, które posiadają elektryczność żywiczną. Podobnież, żywiczne odpychają żywiczne, a przyciągają szklanne.»

Ostatnia ta zasada służyć może do rozpoznania, jaki rodzaj elektryczności posiada ciało naelektryzowane. Jakoż, chcąc rozpoznać rodzaj elektryczności pewnego ciała naelektryzowanego, dość będzie zbliżyć do tego ciała nitkę jedwabiu naelektryzowaną żywicznie: jeżeli nitka zostanie przyciągniętą, znak to, że ciało naładowane jest elektrycznością szklanną; jeżeli przeciwnie zostanie odepchniętą, ciało musi posiadać elektryczność żywiczną. Ta zasada posłużyła do budowy przyrządu bardzo ważnego, zwanego *elektrometrem*, które służy zarazem do oznaczenia obecności, rodzaju i stopnia natężenia bardzo słabych ilości płynu elektrycznego.

Dufay pozyskał wielką popularność w całej Francyi, wykazawszy, że ciało ludzkie może dostarczyć iskier elektrycznych. Stawał on na małej platformie, zawieszonej na sznurach jedwabnych, które ją odosobniały i kazał się dotykać wielką rurą szklanną potartą, dla naelektryzowania swego ciała. Ksiądz Nollet, młody uczony, którego imie stało się później sławnem, a który Dufay'owi służył za pomocnika, wydobywał silne iskry, zbliżając palec do jego nogi.

Powiedzieliśmy wyżej, że maszyna elektryczna Hauksbee'go została odrzucona przez badaczy. W r. 1733, fizyk niemiecki nazwiskiem Boze zbudował maszynę, będącą poprostu maszyną Hauksbee'go, z tą jedynie różnicą, że cylinder szklanny zastąpiła w niej kula szklanna. Jakoż maszyna Boze'go składała się z kuli szklannej wydrążonej, osadzonej na osi żelaznej, którą obracało się zapomocą korby, podczas gdy ręka zupełnie sucha wsparta na kuli, rozwijała w niej elektryczność przez tarcie. Konduktor z blachy żelaznej, na którym zbierała się i zatrzymywała elektryczność, pozostawał w rękach człowieka, stojącego na placku żywicznym.

Wolfius i Hausen zmienili nieco kształt tej maszyny, opatrzywszy ją wielkiemi konduktorami, odosobnionemi przez zawieszenie na jedwabnych sznurach u sufitu, albo też osadzonemi na nóżkach szklannych.

Wkrótce potem Winkler, professor języka greckiego i łacińskiego na uniwersytecie lipskim, zastąpił poduszką rękę ludzką. Ta ostatnia zmiana z razu nie wszystkim się podobała. We Francyi odrzucono ją powszechnie, do czego najwięcej przyczynił się ksiądz Nollet, który zbudował i w użycie powszechne wprowadził maszynę przedstawioną na figurze 128.

Widzimy, że maszyna ta składała się z kuli szklannej lub siarczanej A, która obraca się zapomocą koła B, mającego na swoim obwodzie rowek, w którym chodzi sznur okręcony na osi kuli. Pomocnik przyciskał rękę do obracającej się kuli A; w skutek powstającego ztąd tarcia tworząca się elektryczność zbierała się na kuli. Maszyna ta długi czas używaną była we Francyi.

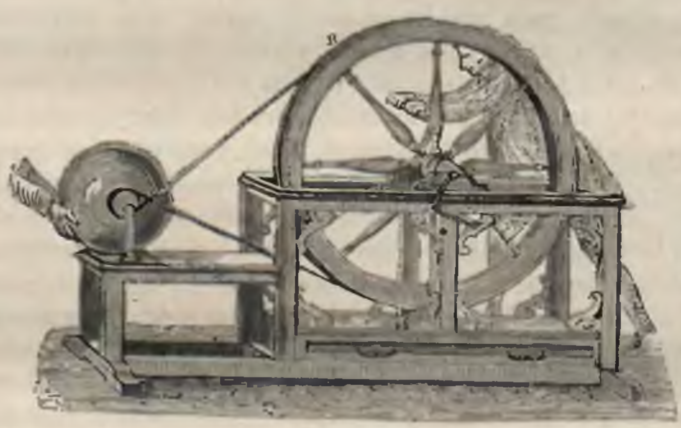


Fig. 128.

Około r. 1768, optyk angielski nazwiskiem Ramsden, w miejsce kuli szklannej, funkcyonującej w maszynie Nollet'a, użył tafli okrągłej z tegoż materyału. Tafla, obracając się, tarła się o cztery poduszki skórzane, wypchane włosiem; elektryczność rozwinięta na tej tafli szklannej, przechodziła następnie na konduktor odosobniony nóżkami szklannemi.

W r. 1770 maszyna ta weszła w powszechne użycie w Europie.

Figura 129 przedstawia maszynę elektryczną Ramsden'a, która posłużyła za wzór do maszyny dziś używanej.

Jakoż maszyna elektryczna dziś powszechnie używana, jest maszyną Ramsden'a, zmienioną o tyle, że ma dwa konduktory zamiast jednego. Figura 130 przedstawia tę maszynę.

Rozwijanie się elektryczności na tej maszynie i przechodzenie jej

na konduktory, które ją zbierają i zatrzymują, tłómaczy się w sposób następujący:

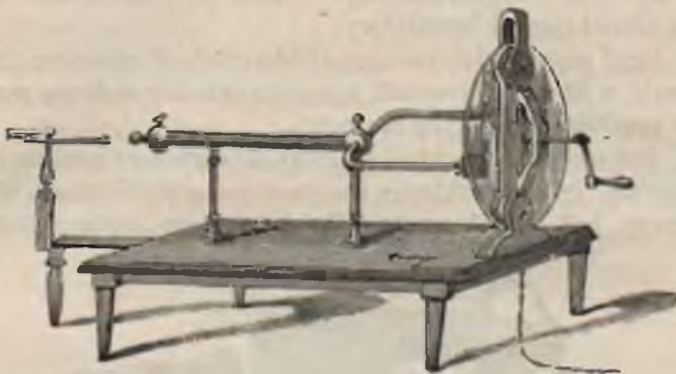


Fig. 129.

Elektryczność dodatnia, rozwinięta przez tarcie poduszek o taflę szklanną *a b c d*, rozkłada przez wpływ, naturalny płyn konduktorów *e e*.

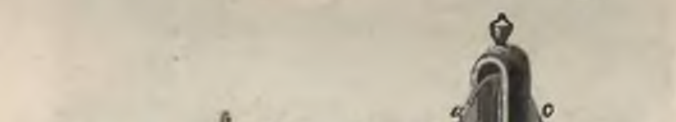


Fig. 130.

Koniec tych konduktorów uzbrojony jest w kolce, których działanie rozkłada płyn naturalny konduktorów. Elektryczność ujemna, przeskaku-

jąc dzielący je odstęp, przechodzi na taflę *abcd*, aby przywrócić do stanu naturalnego elektryczność dodatnią, rozlaną na tej tafli *abcd*, podczas gdy elektryczność dodatnia pozostaje zebraną na konduktorach *ee*. Nóżki szklanne odosobniają te konduktory.

W Angli używają dziś maszyny elektrycznej, zbudowanej przez fizyka Nairne'a, w której miejsce tafli zastępuje cylinder szklanny wydrążony. Fig. 131 przedstawia maszynę Nairne'a.

A, jest to cylinder szklanny, który się obraca za pomocą korby M. Obracając się, cylinder szklanny trze się o poduszkę skórzaną, do której utwierdzony jest kawał ceraty. W skutek tego tarcia wytwarza się

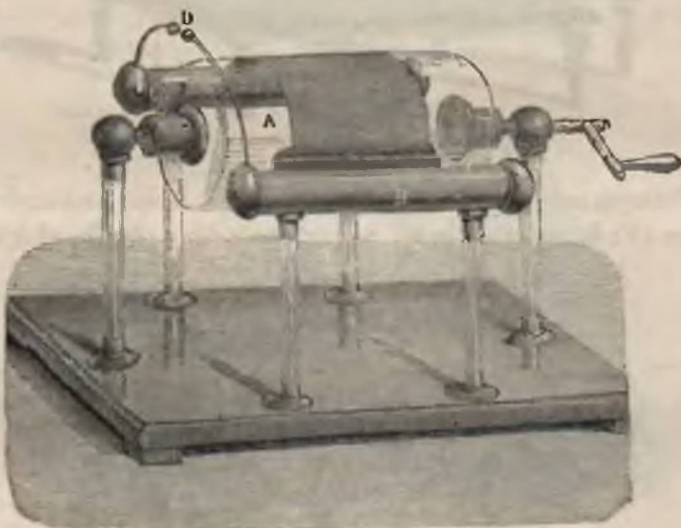


Fig. 131.

elektryczność: szkło elektryzuje się dodatnio, a poduszka ujemnie Konduktor zatem B, na którym osadzona jest poduszka, otrzymuje silny ładunek elektryczności ujemnej.

Ruch obrotowy cylindra szklannego, naprowadza elektryczność dodatnią mieszczącą się w szkle, wpobliże konduktora C, uzbrojonego w kolce i odosobnionego. Przez to elektryczność naturalna konduktora C zostaje rozłożoną. Elektryczność jego ujemna zostaje przyciągniętą przez elektryczność przeciwną cylindra szklannego i powstaje ciągły przepływ przeciwnych płynów z cylindra szklannego do kolców. Ponieważ oba konduktory, B i C, zaopatrzone są w pręty zakrzywione, ruchome, które można według woli zbliżać ku sobie lub oddalać, więc następuje łączenie

się napowrót płynów między dwoma kończynami tych konduktorów, tak iż szereg iskier nie przestaje wytryskać między dwoma prętami metalowemi, w punkcie D.

Gdy się dwa płyny zobojętnią, cylinder szklanny wracając do poduszki, nabiera nowego zasobu elektryczności dodatniej, powstałej z tarcia, i pojawy te powtarzają się bez przerwy.

Chcąc sobie utworzyć źródło elektryczności, dość jest oddalić od siebie pręty ruchome i przyczepić pręt przewodni metalowy do konduktora B. W ten sposób uzyska się ciągły wypływ elektryczności dodatniej.

Ciała naelektryzowane, wystawione na przystęp powietrza, tracą

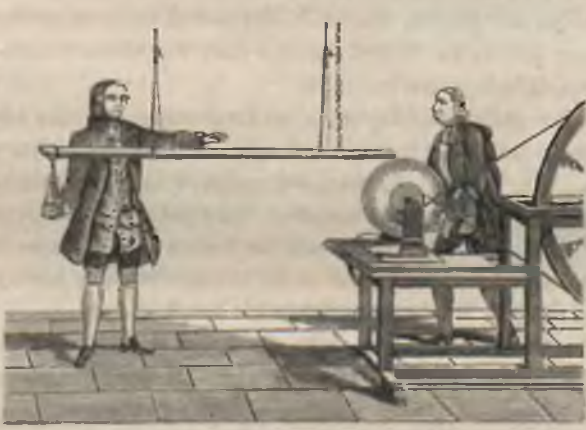


Fig. 132.

nagle swoją elektryczność, albowiem powietrze jest dobrym przewodnikiem płynu elektrycznego. W Lejdzie, pewnego dnia, fizyk Musschenbrock, elektryzował wodę zawartą w flaszce szklannej, spodziewając się, że ponieważ szkło złym jest przewodnikiem, woda zbierze w sobie znaczniejszą ilość elektryczności i zatrzyma ją dłużej. Gdy doświadczenie to nie przedstawiało nic szczególnego, Musschenbrok chciał odjąć flaszkę; chwycił ją więc jedną ręką, a drugą przysunął do konduktora metalowego, przeprowadzającego elektryczność z maszyny do wody. Jakież było jego zadziwienie i przestrach, gdy uczuł gwałtowne uderzenie w rękach i piersiach. Musschenbrockowi zdało się, że już jest zabity. Powiadał później, że za koronę francuzką nie narażałby się drugi raz na podobne wstrząśnienie.

Figura 132, zamieszczona przy memoryale księdza Nollet'a, w «Pa-

miętnikach paryzkiej Akademii umiejętności, pokazuje bardzojasno, jak to doświadczenie było wykonywane, i jakim sposobem fizyk lejdejski musiał doznać wstrząśnienia, kiedy wnętrze naczynia szklannego naelektryzowanego, połączył swojem ciałem z konduktorem metalowym naelektryzowanym.

Ksiądz Nollet powtórzył w Paryżu na sobie samym to doświadczenie. Udało się tak dobrze, że wstrząśnienie wytrąciło mu z rąk naczynie pełne wody.

Następnie wykonał Nollet to samo doświadczenie w Wersalu, w obec dworu, na całej kompanii gwardyi francuzkiej, złożonej z 240 ludzi, którzy trzymali się za ręce, tworząc to, co nazwano odtąd *łańcuchem elektrycznym*. Wstrząśnienie dało się uczuć wszystkim żołnierzom jednocześnie.

W kilka dni potem, ksiądz Nollet odbył tę samą próbę z zakonnikami klasztoru kartuzów. Wstrząśnienie dało się jednocześnie uczuć wszystkim osobom składającym łańcuch.

Wszyscy podziwiali szybkość nadzwyczajną, z jaką płyn elektryczny przenosi się z jednego punktu na drugi. Usiłowano obliczyć tę szybkość niezwykłą. We Francyi, Lemonnier, członek akademii umiejętności w Paryżu, wykonał w tym celu mnóstwo doświadczeń. Przy jednem takiem doświadczeniu, osoba umieszczona na końcu konduktora 250 sążni wynoszącego, uczuła wstrząśnienie w tej samej chwili, w której ujrzała błysk iskierki na drugim końcu tego długiego konduktora.

W Anglii wstrząśnienie dało się uczuć w jednej chwili dwom badaczom, rozdzielonym Tamizą, której woda stanowiła część łańcucha przewodniego. Zdołano nawet zapalać płyny spirytusowe zapomocą prądu elektrycznego, który przechodził przez rzekę. Przekonano się również że płyn elektryczny przebywał w jednej chwili nić mającą 12,276 stóp długości.

Piękne te doświadczenia obudziły zapał we wszystkich fizykach europejskich i pobudziły ich do dalszych poszukiwań. We Francyi, Nollet zmieniał na najrozmaitsze sposoby sławne doświadczenie lejdejskie. Dowiódł, że kształt naczynia nic tu nie stanowi. Musschenbrock spostrzegł, że doświadczenie nie udaje się, gdy zewnętrzne ściany butelki są wilgotne. Watson, w Anglii, wykazał, że wstrząśnienie jest gwałtowniejsze, gdy szkło jest cieńsze, i że siła uderzenia wzmaga się w stosunku rozległości powierzchni szkła, a niezależną jest od siły maszyny elektrycznej która je wywołuje.

Drugi fizyk angielski, Bevis, sądząc, że woda zawarta w butelce i ręka która ją trzyma, odgrywają tylko rolę konduktorów, zastąpił wodę śrótem ołowianym. Papier cynowy, okalający butelkę do pewnej wysokości, zastąpił rękę trzymającą butelkę. Umieszczono wreszcie butelkę

na podstawie drewnianej, i tym sposobem obeszło się bez człowieka, któryby ją trzymał.

W skutek tego szeregu kolejno po sobie następujących odkryć, gdy prócz tego śrót zastąpiono listkami złota, butelka lejdejska przybrała kształt jaki jej nadają dzisiaj, który przedstawia fig. 133. A, jest zewnętrznem uzbrojeniem butelki, którą doświadczający trzyma w ręce; u góry jest haczyk, na którym butelka zawiesza się u konduktora maszyny elektrycznej.

Żaden z fizyków europejskich nie był w stanie objaśnić teoretycznie doświadczenia lejdejskiego. Dopiero sławny Franklin, filozof i uczony amerykański, przysłużył się nauce rozbiorem skutków tego narzędzia. Od czasów Franklina, tak sobie tłómaczymy to zjawisko:

Gdy się butelkę lejdejską połączy z konduktorem maszyny elektrycznej, dostarczającym np. płynu dodatniego, zaczepiając haczyk u tego konduktora, płyn dodatni przechodzi w listki złota, czyli w tak zwane *wewnętrzne uzbrojenie* butelki. Ztamtąd działa przez wpływ, wskróś szkła, na blaszkę cynową (cynfolią), okrywającą butelkę od zewnątrz, i rozkłada obojętny płyn tej blaszki. Płyn dodatni odepchnięty, odpływa w ziemię. Płyn ujemny przeciwnie, zostaje przyciągnięty; ale szkło butelki, jako zły przewodnik, zatrzymuje go, i nie pozwala mu utworzyć płynu obojętnego przez połączenie z płynem dodatnim, znajdującym się wewnątrz butelki.



Fig. 133.

Tym sposobem znaczna massa elektryczności gromadzi się między dwoma uzbrojeniami, gdyż uzbrojenie zewnętrzne bierze z ziemi, z którą pozostaje w połączeniu, tyle elektryczności, ile wewnętrzne uzbrojenie butelki może jej w sobie nagromadzić.

Jeżeli następnie połączy się oba uzbrojenia zapomocą łuku metalowego, zaopatrzonego w rękojeść odosobniającą, dwie elektryczności rzucają się ku sobie i łączą się napowrót w płyn obojętny, wydając świetną iskrę. Jeżeli operator połączy oba uzbrojenia rękami, uczuje silne uderzenie, gdyż łączenie się napowrót dwóch płynów dokonywa się wewnątrz jego ciała, wywołując silne wstrząśnienie.

Połączywszy w jednej skrzynce kilka butelek lejdejskich, powiększa się massę wytworzonej elektryczności, i otrzymuje się tak zwaną *bateryę elektryczną*.

Figura 124 przedstawia taką bateryę. Chcąc ją naładować, trzeba połączyć uzbrojenie zewnętrzne z ziemią, za pośrednictwem łańcuszka żelaznego uczepionego do jednej z żelaznych antab skrzynki. Następnie

zapomocą drugiego łańcuszka, który się przyczepia do haczyka C, będącego w połączeniu z uzbrojeniem wewnętrznem, ściąga się do tego uzbrojenia wewnętrznego strumień elektryczności dodatniej, dostarczany przez maszynę elektryczną Nairne'a lub Ramsden'a, i pokręca się korbą tej maszyny. Elektryczność dodatnia uzbrojenia wewnętrznego rozkłada płyn naturalny uzbrojenia zewnętrznego, odpycha elektryczność jednoimienną, która odpływa w ziemię, a przyciąga elektryczność ujemną ku powierzchni szkła. Tym sposobem nagromadza cię wielka massa elektryczności jednolitej, oddzielonej szkłem.

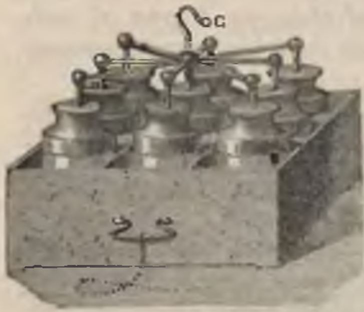


Fig. 134.

Chcąc baterye wyładować i wywołać iskrę ogromną, oraz odpowiadające jej uderzenie, dość jest połączyć tylko uzbrojenie zewnętrzne z wewnętrznem. Ostrożność nakazuje, bez względu na to że ładunek bateryi może być słabym, dokonywać tego wyładowania zapomocą *ekscytatora*, to jest łuku metalowego, zaopatrzonego w dwie rękojeści szklanne, tak, jak to przedstawia fig. 135.



Fig. 135.

XVIII.

Stos Volty.

Odkrycie elektryczności w stanie ruchu.—Prace Galvani'ego.—Spór Galvani'ego z Voltą.—Stos Volty.—Rozkład wody zapomocą stosu.—Dalszy ciąg zastosowań stosu do elektro-chemicznego rozkładu ciał.—Prace Davy'ego.—Odkrycie stosu korytkowego.—Nowe kształty nadane stosowi Volty.—Teorya stosu.—Jego skutki.—Odkrycie elektro-magnetyzmu.

Dotąd była mowa jedynie o elektryczności zwanej *statyczną*, czyli o elektryczności w stanie spoczynku; pozostaje nam jeszcze pomówić o elektryczności *dynamicznej*, czyli elektryczności w stanie ruchu. Aż do końca ubiegłego wieku, fizycy znali jedynie elektryczność wytworzoną na maszynach zapomocą tarcia, czyli elektryczności w spoczynku. W r. 1791, Aloizy Galvani, profesor anatomii w Bolonii, ogłosił pracę będącą rezultatem jedenastoletnich doświadczeń, w której objawił istnienie elektryczności w postaci prądu nieustającego. W ten sposób poznali ludzie po raz pierwszy elektryczność w ruchu, czyli dynamiczną. Była to całkiem nowa gałęź fizyki, która miała stać się obfitą w cudowne zastosowania. Rzućmy okiem na prace Galvani'ego.

Pewnego wieczora, w r. 1780, Galvani położył przypadkiem na desce stanowiącej podstawę maszyny elektrycznej stojącej w jego pracowni, żabę, której odcięto nożyczkami członki dolne, pozostawiwszy dwa nerwy udowe, na których członki te trzymały się kadłuba. Galvani spostrzegł, za zbliżeniem końca skalpela już to do jednego, już to do drugiego z nerwów żabich, że w chwili gdy wydobywano iskrę z maszyny, objawiały się gwałtowne drgania w muszkułach zwierzęcia.

Jakaż była przyczyna tego objawu, który zajął wielce Galvani'ego

i jego przyjaciół? Ciało żaby, umieszczone w pobliżu maszyny elektrycznej, zostawało naelektryzowane przez wpływ; w skutek nagłego odprowadzenia elektryczności rozlanej na konduktorze, przez wydobycie iskry, wpływ ustawał, a płyn obojętny tworzył się napowrót nagle w ciele zwierzęcem i wywoływał drgania silne, które spostrzeżono.

Galvani zdał sobie odrazu sprawę z tego zjawiska, tłómacząc je zupełnie w ten sposób, jak myśmy to uczynili powyżej. Ale to objaśnienie faktu nie powstrzymało go od dalszych doświadczeń. Badając dalej działanie płynu elektrycznego na ciała żyjące, przez sześć lat z rzędu robił doświadczenia, obserwując sposób, w jaki wyładowanie maszyny elektrycznej wywołuje u zwierząt kurczenie się mięśni. Przypadek nareszcie naprowadził go na spostrzeżenie zasadnicze, to, które stało się podstawą wynalazku stosu Volty.

Dnia 20 września 1786 r., Galvani, chcąc zbadać wpływ elektryczności atmosferycznej na kurczenie się mięśni żabich, wbił haczyk miedziany w mlecz pacierzowy żaby przyrządzonej tak, jakeśmy to powiedzieli wyżej, i zawiesił zwierzę na tym haczyku, na żelaznej balustradzie otaczającej taras przed jego domem. Przez cały dzień nie dostrzegł nic, ale ku wieczorowi, znudzony tem że mu się doświadczenie nie udaje, potarł mocno haczyk miedziany o żelazo balustrady, ażeby zetknięcie się dwóch kruszców uczynić zupełniejszem. Wtedy ujrzał, że członki zwierzęcia kurczyć się zaczynają, a ruchy te powtarzały się za każdym razem, ilekroć pierścień miedziany dotykał się żelaza. A jednak narzędzia fizyczne nie objawiały obecności elektryczności w powietrzu. Kurczenie się więc niezależnem było od przyczyn zewnętrznych, były one własnością zwierzęcia. Galvani więc przypuścił, że istnieje elektryczność zwierzęca.

Galvani powtórzył to doświadczenie w swojej pracowni. Położył świeżo sprawioną żabę na talerzu żelaznym, i małym haczykiem miedzianym przebił mięśnie lędźwiowe i wiązki nerwów mlecza pacierzowego. Za każdem zetknięciem się miedzi z żelazem następowały drgania.

Wprowadził następnie odmianę do tego doświadczenia, przybierając doń łuk podwójny *cc'* (fig. 136), złożony z miedzi i żelaza. Dotykając tym łukiem, złożonym z dwóch kruszców, muszkułu M i nerwu N, wywoływał gwałtownie kurczenia się w odciętym członku.

Sądził tedy Galvani, że może położyć jako zasadę, iż mięśń zwierzęca jest *butelką lejdejską organiczną*, że nerw odgrywa poprostu rolę konduktora, i że elektryczność dodatnia przepływa z wnętrza mięśni do nerwu i z nerwu do mięśni, kiedy się te dwie części połączy zapomocą łuku metalowego. Współcześni badacze uznali istnienie własnego prądu elektrycznego w zwierzętach, a prąd elektryczny wskazany przez Gal-

vaniego w mięśniach i nerwach zwierząt, uzyskał w ten sposób zatwierdzenie zupełne.

Wszyscy niemal fizyologowie i znaczna liczba fizyków przyjęli teoryą Galvani'ego; ale znalazła ona groźnego przeciwnika w fizyku włoskim. znanym już na polu naukowem, a niebawem mającym głośno zasłynąć. nazwiskiem Aleksander Volta.

Wprost przeciwnie teoryi Galvani'ego, początek elektryczności, który tenże umieszczał w ciele zwierzęcia, Volta umieścił w kruszcach. Kiedy łuk metalowy, łączący mięśnie lędźwiowe z nerwami udowemi, złożony



Fig. 136.

jest z dwóch kruszców,—twierdził Volta,—to zetknięcie się dwóch kruszców wywiązuje elektryczność, która sprawia drgania.

Galvani przez sześć lat bronił teoryi swojej przeciw Volcie. Powstały dwa obozy przeciwne: *galvanistów* i *voltaistów*.

Pewien włoski uczony, nazwiskiem Fabroni, nienależący do żadnego z obozów, przypisywał wszystkie dostrzeżone zjawiska chemicznemu działaniu płynów ciała zwierzęcego na kruszec, z którego zrobiony jest łuk pobudzający. Ale teorya jego przeszła niepostrzeżona w zawziętej walce dwóch stronnictw.

Ten rozdział i walka dwóch doktryn trwały między fizykami europejskiemi aż do r. 1799. Około tego czasu, Volta zdruzgotał, że tak

powiemy, przeciwników swoich, wynalezieniem przyrządu, który od niego wziął nazwę.

Volta dostrzegł był, że dwa krążki, cynkowy i srebrny, odosobnione na pręcie szklannym, zetknięte ze sobą a następnie rozdzielone, naładowywały się pewną ilością elektryczności, słabą, ale widoczną. Następnie łącząc znaczną ilość par takich krążków metalowych, zbudował Volta ów cudowny przyrząd, który *stosem elektrycznym* nazwano.

Volta napisał następny list do prezesa towarzystwa królewskiego w Londynie, pod dniem 20 marca 1800 r.

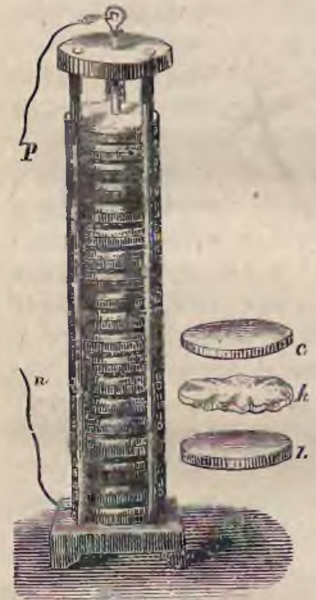


Fig. 137.

«Przyrząd, o którym Panu mówię, jest poprostu zbiorem dobrych przewodników rozmaitego rodzaju, ułożonych w pewien sposób. Dwadzieścia, czterdzieści, sześćdziesiąt kawałków miedzi, albo lepiej jeszcze srebra, z których każdy przyłożony jest do kawałka cyny albo jeszcze lepiej cynku, i równa liczba warstw wody, wody słonej lub ługu i t. p. albo kawałków tektury napojonych temi cieczami, które to warstwy umieszczają się między każdą parą czyli kombinacyą kruszców rozmaitych, zachowując ciągle jednaki porządek tych przewodników, oto wszystko, z czego się mój nowy przyrząd składa.»

Figura 137 przedstawia przyrząd wytwarzający prąd elektryczny, taki jak go zbudował Volta i jakiego używali fizycy w pierwszych latach naszego stulecia. Widzimy tam na boku krążki *c*, *z* i *h*. z miedzi, z cynku i z namoczonego sukna, stanowiące jedno tak zwane *ogniwo*. Zbiór takich ogniw ułożonych na sobie w kształcie stosu, tworzy przyrząd, nazwany dla tego *stosem Volty*. Elektryczność wywiązana w skutek połączenia wszystkich tych ogniw, zbiera się na dwóch kończynach przyrządu, które się zowią *biegunami*. Elektryczność dodatnia zbiera się na biegunie cynkowym, zakończonym drutem stanowiącym konduktor *p*; elektryczność ujemna na biegunie miedzianym, zakończonym drutem przewodnim *n*.

Nicholson i Carlisle, badacze angielscy, pierwsi, przez jedno z najświetniejszych odkryć, wykazali, jak ważną rolę w chemii powołany jest odegrać stos Volty. Dnia 2 maja 1800 roku, ci dwaj fizycy wykonali owo świetne doświadczenie, które posłużyło za punkt wyjścia dla wszyst-

kich zastosowań chemicznych stosu Volty: chcemy tutaj mówić o rozkładzie wody.

Wziąwszy rurkę szklanną napełnioną wodą i zatkaną dwoma korkami, Nicholson i Carlisle przeprowadzili przez każdy z korków drut miedziany. Ustawiwszy rurkę pionowo, drut miedziany dolny połączyli z krążkiem srebrnym, który tworzył podstawę (biegun) małego stosu, a drut górny z krążkiem cynkowym, stanowiącym wierzchołek stosu; następnie zbliżyli ku sobie na małą odległość końce obu drutów. «Natychmiast,—mówi Nicholson,—długi szereg baniek nadzwyczaj drobnych wzniósł się z końca drutu miedzianego dolnego, podczas gdy koniec drutu miedzianego przeciwnego najprzód zaszedł jakby mgłą, następnie stał się żółto-pomarańczowym, a w końcu zczerniał.»

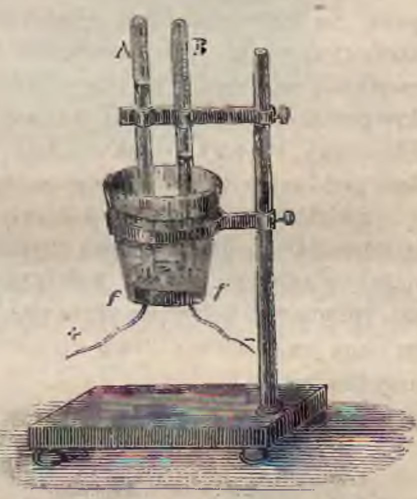


Fig. 138.

Woda została rozłożoną na dwa swoje składniki: na gaz wodorowy, który się wywiązał w postaci baniek z drutu ujemnego, i tlen, który się przeniósł na drut górny, przytwierdzony do bieguna dodatniego i takowy utlenił.

Nicholson użył następnie w miejsce drutów miedzianych, drutów platynowych lub złotych; ponieważ kruszce te nie ukwaszają się, można więc było otrzymać tlen w stanie wolnym.

Dzisiaj wykazują skład wody zapomocą przyrządu Nicholsona, nieco zmienionego. Bierze się w tym celu szklankę napełnioną wodą (fig. 138), której dno stanowi massa woskowa, przebita dwoma drutami platynowemi f, f'. Końce tych drutów wpuszcza się w dwa wązkie klosze szklanne A, B, opatrzone podziałką i pełne wody; następnie łączy się je z biegunami stosu. Woda się rozkłada i w kloszu B zbierają się dwie objętości gazu wodorowego, podczas gdy jedna tylko objętość tlenu zbiera się w kloszu A.

Doświadczenia Nicholsona powtórzono wszędzie, we Francyi, w Anglii, w Niemczech. Jednocześnie Cruikshank wykazał, że prąd stosu Volty, który rozłożył wodę, może również rozkładać nawet tlenki metaliczne, w solach, których część ciała te stanowią, tak, iż niekiedy kruszec osadza się w kryształach na biegunie ujemnym.

Zastosowany do chemii, stos Volty zbogacił naukę tę nowemi faktami i udoskonalił w sposób nadspodziewany jej metody doświadczalne. Sławny chemik angielski, Humphry Davy, zebrał w jedno wszystkie aż po jego czasy dostrzeżone fakta, odnoszące się do chemicznej działalności stosu, i dzięki pracom swoim i geniuszowi złożył je w jednę całość, na czem im dotąd zbywało.

Davy wykazał, że ciała złożone pod działaniem stosu dają się rozdzielić na swoje pierwiastki. On odkrył prawdziwą naturę *ziem*, to jest wapna, barytu, magnezyi, oraz naturę alkaliów, to jest potasu i sody. Rozdzielił ciała te na dwa pierwiastki: na kruszec i tlen.

Zapomocą przyrządu bardzo silnego, bo złożonego z sześciuset ogniw, na który składkę narodową zrobiono, Davy przekonał się, że zakończywszy oba druty przewodnie czyli konduktory stosu, zaostrzonemi kawałkami węgla, za zbliżeniem ku sobie tych kawałków węgla, świetna iskra przeskakuje z jednego do drugiego. Przy powolnem oddalaniu od siebie węgli, tworzył się łuk świetny, trzy do czterech cali długi, którego blask podobny był do słonecznego światła.

Świetlane to zjawisko jest czysto fizycznej natury; tlen znajdujący się w powietrzu, nie ma w niem najmniejszego udziału, gdyż doświadczenie udaje się zarówno dobrze w próżni jak na powietrzu. Jest ono rezultatem gorąca wydzielonego przez prąd stosu. Za naszych już czasów łuk ten jasny zastosowany został do oświetlania, o którem w osobnym pomówimy rozdziale.

* * *

Zapomocą *stosu kolumnowego* Volty niepodobna było otrzymywać skutków, ustosunkowanych według liczby ogniw. Ciśnienie krążków górnych na kawałki sukna znajdujące się w dolnej części stosu, wygniatało z nich ciecz, i zmniejszało tem samem wzajemny wpływ chemiczny między cynkiem a kwasem, którym kawałki sukna były napojone. Fizycy zatem zaczęli myśleć o zaprowadzeniu zmian w stosie Volty. Jednej z najszczęśliwszych dokonał Cruikshank w r. 1802, przerabiając stos pionowy na poziomy. Ogniwa okrągłe zastąpił on czworograniastemi blaszkami miedzianemi i cynkowemi, poskładanemi ze sobą parami i utwierdzonemi w pewnym rodzaju podłużnej szufladki tak, iż pozostawały między niemi małe ustępy, nakształt rowków lub korytek, które napełniano płynem. Stos taki, nazwany *stosem korytkowym*, przedstawia fig. 139.

Zapomocą stosu korytkowego można palić druty żelazne i platynowe, pręty ołowiane, srebrne i t. p., a wreszcie wywoływać rozmaite skutki fizyczne i chemiczne bardzo silne.

Wiemy tedy, że stos *kolumnowy*, jakiego używał Volta, zastąpiony został stosem *korytkowym*, zbudowanym w r. 1802 przez Cruikshanka. Kształt ten przez długi czas używany był po laboratoryach, i korytkowym to stosem dokonano najważniejszych odkryć, jakiemi odznaczyła się gałąź umiejętności o której mówimy. Ale i ten kształt stosu przedstawiał wielkie niedogodności; zastąpiono go tedy najprzód *stosem Wollaston'a*, który w pewnych wypadkach oddał wielkie usługi.

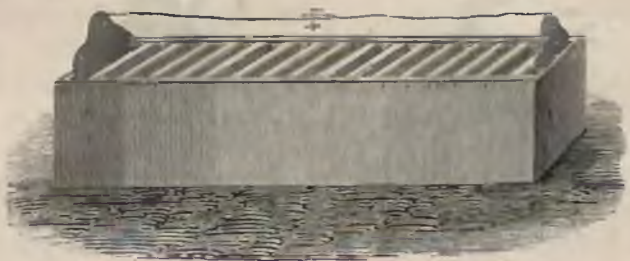


Fig. 139.

W latach 1836 i 1839, fizycy angielscy, Daniell i Grove, zaprowadzili w przyrządzie wytwarzającym elektryczność, nowe i radykalne zmiany. Nie będziemy tutaj opisywali przyrządów zbudowanych przez tych uczo-

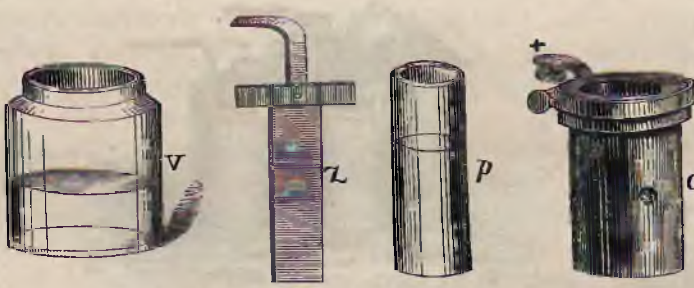


Fig. 107.

nych; — powiemy tylko o stosie Bunsena, który jest bardzo silny i który dzisiaj prawie wyłącznie jest używany do pozłacania, posrebrzania i pokrywania miedzią kruszców, równie jak w laboratoryach fizycznych.

Każde ogniwo stosu Bunsena składa się z czterech części, jedna w drugą wchodzących. Części te są (fig. 140): 1) naczynie fajansowe albo szklanne V, zawierające w sobie wodę zmięszaną z ilością kwasu siarkowego, równającą się dziesięć razy wziętemu ciężarowi wody;

3) blacha cynkowa *z*, zaopatrzona w pręt miedziany, mający służyć za przewodnik dla płynu ujemnego; 3) naczynie z ziemi dziurkowatej *p*, przez które mogą przenikać gazy, a które zawiera w sobie kwas azotowy; 4) walec z węgla *c*, zaopatrzony u góry obrączką miedzianą, do której przylutowany jest pręt miedziany, będący przewodnikiem płynu dodatniego. Części te umieszczają się jedne w drugich, jak to pokazuje fig. 141, która

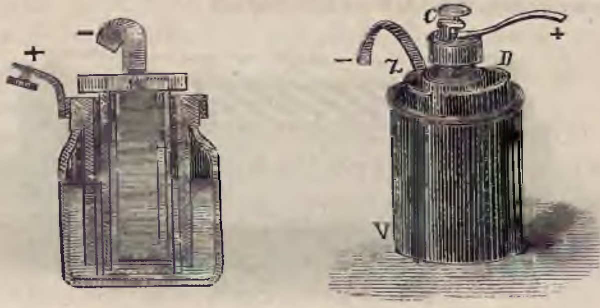


Fig. 141.

przedstawia z jednej strony przekrój ogniwa stosu Bunsena, z drugiej przyrząd nastawiony i gotów do działania.

Od chwili gdy cynk i węgiel połączone zostaną zapomocą konduktora, ogniwo czyli element działać zaczyna, a przez połączenie ze sobą pewnej liczby ogniw, powstaje *stos Bunsena.*

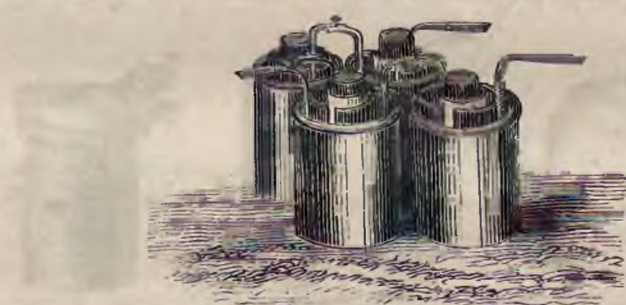


Fig. 142.

Stos zatem Bunsena składa się z pewnej liczby połączonych ze sobą ogniw, które to połączenie dzieje się zapomocą zetknięcia blaszki metalowej osadzonej na cylindrze cynkowym, z blaszką miedzianą cylindra węglowego.

Fig. 142 przedstawia stos Bunsena utworzony z czterech ogniw.

Biegun dodatni tego stosu znajduje się w ostatnim cylindrze węglanym C, a biegun ujemny w ostatnim cylindrze cynkowym Z.

Teorya stosu Volty. Teorya wywiązywania się elektryczności przez zetknięcie, to jest teorya Volty, została powszechnie porzuconą. Przeciwnie, teorya która przypuszcza, że wywiązywanie się elektryczności zapomocą stosu jest rezultatem działania chemicznego, jakie wywierają na siebie kwasy i metale w skład stosu wchodzące, przyjętą została prawie przez wszystkich bez wyjątku.

Wywiązywanie się elektryczności w przyrządzie wyłącznie dziś używanym w przemyśle jako środek wytwarzania elektryczności, to jest w stosie Bunsena, tłómaczy się w następny sposób:

Gdy przyrząd zostanie wprawiony w ruch, to jest gdy się naładuje ogniwa, umieszczając kwas siarczany w naczyniu zewnętrznem, a kwas azotowy w naczyniu wewnętrznem, i gdy druty przewodnie czyli konduktory zostaną z sobą zetknięte, tak iż otworzą odpływ tworzącemu się prądowi elektrycznemu, następuje reakcya chemiczna, której rezultatem jest wytwarzanie znacznej ilości elektryczności, która przybiera wtedy postać prądu.

Kwas siarkowy rozcieńczony wodą, napełniający naczynie zewnętrzne ogniwa, działa na blachę cynkową zanurzoną w tym płynie; pod wpływem kwasu siarkowego, woda zostaje rozłożoną na swoje pierwiastki, to jest na wodor i tlen; tlen, działając na cynk, tworzy tlenek cynku, który łącząc się z kwasem siarkowym, tworzy znów siarkan cynku, sól rozpuszczającą się w wodzie, która też zostaje rozpuszczona w wodzie naczynia zewnętrznego. Ta pierwsza reakcya, to jest rozkład wody, sprawia obfite wywiązywanie się elektryczności.

Ale w przyrządzie o którym mówimy, istnieje jeszcze drugie źródło elektryczności. Gaz wodorowy powstający z rozkładu wody przez cynk, nie wydobywa się wszystek na zewnątrz, naczynie wewnętrzne, zrobione z porcelany niepolewanej, jest przenikliwem dla gazów; gaz wodorowy, wytworzony w naczyniu zewnętrznem, może się przedostać przez pory naczynia wewnętrznego. Jakoż przechodzi on przez jego ściany, a dostawszy się do jego wnętrza, styka się z kwasem azotowym, który je napełnia. Wtedy powstaje działanie chemiczne między gazem wodorowym a kwasem azotowym; wodór, łącząc się z częścią tlenu zawartego w kwasie azotowym, tworzy wodę i sprowadza kwas azotowy do stanu kwasu pod-azotowego czyli dwutlenku azotu. Koniecznem następstwem tego nowego działania chemicznego między wodorem a kwasem azotowym, jest nowe wywiązywanie się elektryczności, która przybiera postać prądu i łączy się z elektrycznością, wytworzoną już przez pierwszą reakcyą, powstałą mię-

dzy kwasem siarkowym i cynkiem, w naczyniu zewnętrznem. Dwa prądy elektryczne, powstałe z tej reakcyi, nie niweczą się wzajemnie ale jednoczą swoje działanie, gdyż poruszają się w jednym kierunku, to jest płyną z naczynia wewnętrznego do naczynia zewnętrznego, przez ciecze i porowate ściany porcelanowe. Walec węglany, nieprzystępny działaniu kwasu azotnego a będący bardzo dobrym przewodnikiem elektryczności, przyjmuje elektryczność dodatnią, która odpływa przez drut metalowy, na nim utwierdzony; cynk przyjmuje znów elektryczność ujemną, która odpływa przez drut metalowy, przylutowany do blachy cynkowej i przedstawiający biegun ujemny.

Gdy zapomocą druta metalowego połączymy oba bieguny przyrządu, stos poczyna działać, i tworzy się prąd elektryczny nieustający, gdyż dwie elektryczności, dodatnia i ujemna, neutralizujące i niweczące się wzajemnie w punkcie zetknięcia się dwóch konduktorów, odnawiają się bezustannie i tworzą bezustannie to, co nazywamy *prądem elektrycznym*.

Skutki stosu Volty. Narzędzie wynalezione przez Voltę jest jednem z najcudowniejszych, jakie kiedykolwiek wyszły z rąk człowieka, z powodu rozmaitości i ilości skutków jakie wywiera. Dadzą się one podzielić na trzy kategorye: 1) *skutki fizyczne*; 2) *skutki chemiczne* i 3) *skutki fizyologiczne.*

Gdy dwa bieguny stosu wprawionego w działanie, połączymy drutem metalowym cienkim, drut ten rozgrzewa się, rozpala do czerwoności, topi się i ulatnia. Żadna materya nie może się oprzeć rozgrzewającemu działaniu stosu Volty: najmniej topliwe kruszce topnieją a nawet ulatniają się, gdy je, w postaci cienkich drutów, umieścimy między dwoma biegunami.

Narzędzie to, będące źródłem gorąca, jest także i źródłem światła. Zakończywszy dwa konduktory silnego stosu ostro zakończonemi kawałkami węgla, i zbliżywszy te kawałki do siebie na kilka centymetrów, otrzymamy światło nadzwyczajnego blasku.

Jak to zobaczymy w innym rozdziale, stos może także stać się narzędziem mechanicznem, to jest może posłużyć do przeobrażenia sztab żelaznych w potężne magnesy, przyciągające massy żelaza znacznego ciężaru, i tym sposobem wywierający rzeczywisty skutek mechaniczny.

Wytwarzanie więc gorąca i światła, siła mechaniczna, oto są główne skutki fizyczne tego narzędzia.

Stos Volty jest oprócz tego potężnym czynnikiem przy rozkładach chemicznych. Zanurzmy w roztworze soli, naprzykład w roztworze siarczanu sody, dwa bieguny stosu, a zobaczymy, że pod rozkładowem działaniem elektryczności oddzielą się pierwiastki soli: kwas siarczany swobo-

dny ukaże się przy biegunie dodatnim, a soda, to jest zasada soli, skupi się przy biegunie ujemnym. Częstokroć nawet sama zasada tej soli zostanie z kolei rozłożoną, i rozdzieli się na dwa swoje pierwiastki, t. j. na tlen i na kruszec. Zanurzmy znów oba bieguny stosu w roztworze siarczanu miedzi, a kwas siarczany zostanie oswobodzony i odpłynie ku biegunowi dodatniemu, tlenek zaś miedzi, odpływający ku biegunowi ujemnemu, sam rozłożony zostanie na dwa pierwiastki, na miedź i tlen. Tlen przejdzie w stan gazu przy biegunie dodatnim, z kwasem siarczanym, a kruszec, miedź, osadzi się na biegunie ujemnym. Na tym to fakcie, jak to zobaczymy później, zasadza się *galwanoplastyka*.

Stos więc, uważany ze stanowiska swoich skutków chemicznych, jest potężnym czynnikiem rozkładowym, gdyż żadna substancya złożona, działaniu jego oprzeć się nie jest w stanie.

Co się tyczy skutków fizyologicznych, polegają one na ruchach, w jakie prąd stosu wprawia rozmaite organa zwierzęce ([1]).

([1]) W roku 1793, Larrey, Dupuytren, Richerand i kilku innych chirurgów, wywołali kurczenie się w członkach świeżo amputowanych, zapomocą ogniw złożonych z dwóch kruszców położonych na sobie. Aldini, siostrzeniec Galvaniego, prowadził dalej te doświadczenia. Zapomocą stosu kolumnowego, złożonego ze stu ogniw, wywołał on w ciałach koni, wołów i cieląt świeżo zabitych, ruchy żywotne nadzwyczaj energiczne. Bichat próbował pierwszy galwanizować ciała straconych zbrodniarzy. Vassali-Endi, Giulio Rossi, fizycy piemonccy, Nysten i Guillotin, lekarze francuzcy, wreszcie Aldini, wykonali mnóstwo doświadczeń tego rodzaju. Aldini z doświadczeń swoich wyprowadził wniosek, że galwanizm mógłby być skutecznie użyty do przywołania do życia utopionych i zaczadzonych.

Żeby dać wyobrażenie o dziwnych skutkach wywołanych elektrycznością na trupach ludzkich, przytoczymy doświadczenie, które doktór Andrew-Ure wykonał w r. 1818 w Glasgowie na ciele mordercy Clysdale. Człowiek ten sprzedał był trupa swego doktorowi Ure, który chciał wykonać na nim próby ze stosem Volty. Był to człowiek trzydziestoletni, bardzo silnie zbudowany. Po egzekucyi, pozostał on blizko przez godzinę na szubienicy, zupełnie nieruchomy, a w dziesięć minut po zdjęciu z szubienicy, został zaniesiony do amfiteatru uniwersyteckiego. Jeden z biegunów stosu połączono ze szpikiem pacierzowym, na wysokości kości pacierzowej zwanej *atlasem*, a drugi biegun zetknięto z nerwem biodrowym. Natychmiast dreszcz zdał się przebiegać trupa. Rozmieszczając stosownie konduktory na mięśniach piersiowych, przywrócono ruchy oddechowe: pierś wznosiła się i opadała. Pięść niebo-szczyka otwarła się wbrew usiłowaniom operatorów, a palec jego zdawał się wskazywać osoby które go otaczały. Muszkuły twarzy poczęły się poruszać tak okropnie, że rzuciło to postrach między obecnych. Niejeden ze świadków tego dziwnego doświadczenia uciekł, zdjęty trwogą. Twarz wisielca wyrażała z kolei wściekłość, rozpacz lub przerażenie.

Doktór Ure twierdził, że wisielca tego można było przywrócić do życia, gdyby zaczęto od przywrócenia mu ruchów oddechowych i gdyby mu nie zraniono szpiku pacierzowego, dla zagłębienia w nim jednego z biegunów stosu.

Gorąco, światło, siła mechaniczna, rozkłady chemiczne, potężne działanie na organa istot żyjących, oto skutki jakie wywiera stos Volty, które czynią go narzędziem prawdziwie uniwersalnem, ze względu na rozmaitość jego zastosowań.

W r. 1820, Oersted, fizyk duński, odkrył fakt bardzo ważny, który stał się źródłem nowej gałęzi fizyki, *elektro-magnetyzmu.*

Połączywszy drutem metalowym dwa bieguny stosu, i zbliżając ten drut do igły magnesowej, jak to wskazuje figura 143, ujrzał Oersted, że

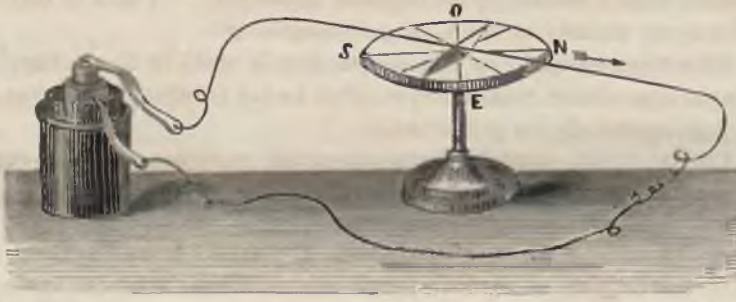


Fig. 143.

igła ta zboczyła z pierwotnego kierunku. Pokazało się więc, że elektryczność w ruchu działa na ciała magnetyczne. Odtąd nauka szybkiemi krokami postępowała ku coraz to nowym zdobyczom, gdyż elektro-magnetyzm stał się początkiem odkrycia mnóstwa faktów, które znacznie rozszerzyły zakres nauki o elektryczności, i które za naszych czasów otrzymały nader cenne i rozmaite zastosowania.

W dalszym ciągu tego dzieła znajdziemy sposobność podziwiania tych zastosowań elektro-magnetyzmu, mówiąc o *telegrafach elektrycznych*, o *galwanoplastyce*, o *złoceniu galwanicznem* i o *elektrycznem oświetleniu.*

XIX.

Konduktor piorunowy.

Zdanie starożytnych o naturze piorunu. — Naukowe badania zjawiska piorunu, przedsięwzięte w czasach nowożytnych. — Zdanie Descartes'a i Boerhaave'go o przyczynie grzmotu. — Odkrycie analogii między piorunem a elektrycznością. — Franklin orzeka prawdopodobieństwo analogii między piorunem a elektrycznością. — Wrażenie jakie na europejskich uczonych wywołały pomysły Franklina. — Wykazanie obecności elektryczności w atmosferze. — Śmierć fizyka Richmanna w Petersburgu. — Latawce elektryczne. — Latawiec elektryczny Franklina w Stanach Zjednoczonych. — Pierwszy konduktor piorunowy. — Przyjęcie, jakiego doznał w Europie wynalazek konduktora piorunowego.—Zasady i przepisy budowania konduktorów piorunowych.

Wyłożywszy ogólne zasady elektryczności, przystąpimy teraz do najważniejszych wynalazków, które powstały z zastosowania tych zasad.

A najprzód pomówimy o konduktorze piorunowym, jako o jednym z najważniejszych wynalazków, jakie kiedykolwiek urzeczywistnione zostały; jako o jednym z tych, które najwięcej usług oddały człowiekowi.

W początkach tworzenia się społeczeństw, u ludów starożytnej Azyi, a nawet później w Europie, mimo wysoko posuniętej cywilizacyi u ludów Grecyi i Rzymu, grom uważany był zawsze jako broń pomsty w rękach bóstwa. Myśl przypisywania piorunowi boskiego początku, uważania go za jeden z objawów gniewu bożego, utrzymywała się u rozmaitych ludów kuli ziemskiej od najdawniejszej starożytności, a i dziś nawet wiarę tę w ludzie prostym wykorzenić trudno. Nauka jednak nowoczesna zupełnie wyjaśniła naturę gromów. Wykazała ona, że błyskawice, grzmot i piorun, powstają z dokonanego w powietrzu wyładowania się pewnej ilości chmur, różnoimiennemi napełnionych elektrycznościami. Odkrywając prawdziwą przyczynę tego wielkiego zjawiska przyrody, geniusz ludzki

oddał Bogu cześć godniejszą Jego i szczerszą, aniżeli Mu ją oddawali ci, którzy co do tego meteoru utrzymywali umysły ludu w trwodze błędnej i zabobonnej.

Aby zjawisko piorunu i burz poddać badaniom skutecznym, trzeba było posiąść pewien zasób wiadomości ściśle naukowych. Dopiero więc po upływie w. XVI, to jest w epoce powstania dzisiejszych nauk fizycznych, rozpoczęto na seryo badać naturę i początek tego meteoru. Gdy światło nauki i rozumu rozproszyło ciemnotę zabobonów średniowiecznych, ośmielono się dopiero poddać pod ścisły rozbiór wielkie zjawisko, ktore dotychczas było dla ludzi jedynie przedmiotem przestrachu i fałszywych wyobrażeń, i nie omieszkano odkryć prawdziwej jego przyczyny.

Descartes, ów nieśmiertelny filozof, który tyle przyczynił się do stworzenia nauk nowożytnych, pierwszy usiłował odkryć przyczynę piorunu. Przypisywał on to zjawisko gorącu, mającemu powstawać w skutek spadnięcia chmury wyższej na chmurę niżej umieszczoną. Boerhaave, sławny lekarz z Lejdy, który używał w Europie niesłychanej reputacyi, zaproponował następnie, w celu wytłómaczenia tworzenia się piorunu, teoryę mającą cechę większej już ścisłości, aniżeli teorya Descartes'a. Teorya ta jednomyślnie została przyjętą i utrzymywała się aż do połowy XVIII wieku.

Boerhaave przyczynę piorunu przypisywał zapalaniu się w powietrzu gazów rozmaitych, lub wyziewów wznoszących się z powierzchni ziemi. Mimo całej swojej niedokładności, teorya ta cieszyła się powszechnem uznaniem i spętała na długi czas postęp nauki ku racyonalnemu objaśnieniu zjawiska, które nas zajmuje.

Po wszystkie czasy, za zbliżeniem się burz, widziano płomyki, snopki światła lub iskry błyszczące ponad masztami okrętów, dzwonnicami kościelnemi, włóczniami i mieczami żołnierzy. Snopki światła, które często widzieć można w czasie burzy morskiej błyszczące na szczytach masztów, zowią się *ogniami św. Elma.*

Zjawiska te przez długi czas czczą tylko budziły ciekawość. Analogia zachodząca między skutkami piorunu a skutkami elektryczności nie mogła być dostrzeżoną przed dokładnem poznaniem zjawisk elektrycznych. Potem już dostrzeżono jej niebawem. W tej epoce doktór Wall, fizyk angielski, pierwszy wystąpił z ideą podobieństwa iskry elektrycznej z błyskawicą, i szczególnej analogii między trzaskaniem tej iskry a trzaskiem piorunu. W r. 1735 fizyk Grey wykazał dokładniej tę analogią. We Francyi ksiądz Nollet sądził, iż możnaby, «biorąc elektryczność za wzór, utworzyć sobie o grzmotach i błyskawicach pojęcia zdrowsze i pra-

wdopodobniejsze od wszystkiego co dotąd wymyślono». Akademia w Bordeaux, w r. 1750 uwieńczyła memoryał Barberet'a, lekarza w Dijon, który przypuszczał analogię między piorunem a elektrycznością, nie powołując się jednak wcale na doświadczenia fizyczne i trzymając się jedynie w granicach prostej rozprawy akademickiej.

W kilka dni zaledwie po ogłoszeniu rozprawy Barberet'a, pewien uczony z prowincyi, z Guyenny, przedstawił tejże akademii memoryał, w którym zapewniał, opierając się na skutkach uderzenia piorunu w zamek położony niedaleko Nérac'u, «że piorun przedstawia analogię z elektrycznością». Tym uczonym był Romas, do którego prac powrócimy jeszcze.

Widzieliśmy, że sławny Franklin położył wielką zasługę rozbiorem i wyjaśnieniem skutków butelki lejdejskiej. Równie znakomitą usługę oddał on nauce, wykazując stanowczo analogię piorunu z iskrą elektryczną, i rozwijając tę myśl z daleko większą dokładnością, aniżeli to uczynili jego poprzednicy.

Franklin nie był fizykiem z profesyi; był to znakomity obywatel i mędrzec w dodatku. Wziąwszy się przy pomocy zdrowego rozumu naturalnego i umysłu swobodnego i niezależnego, do badania zjawisk elektrycznych, dokonał odkryć, które unieśmiertelniły jego imie jako uczonego, podczas gdy w kierunku moralnym i politycznym podejmował jednocześnie prace niezaprzeczenie wysokiej wartości.

Syn fabrykanta mydła, Franklin był z kolei terminatorem w fabryce świec, zecerem w drukani, zarządcą drukarni w Filadelfii, deputowanym, a nareszcie prezesem stanów pensylwańskich. Miał on wielki udział w ogłoszeniu niepodległości Stanów Zjednoczonych, a kiedy przybył do Francyi starać się o pomoc dla swego kraju, który powstał był przeciw panowaniu angielskiemu, przyjęty tam został z niewypowiedzianym zapałem. Franklin umarł w r. 1790, przyczyniwszy się do podniesienia stanu moralnego swoich współobywateli mnóstwem pism popularnych; ale życie jego samo było zawsze najpiękniejszą dla nich nauką.

W rękach tego to wielkiego człowieka, nauka o tożsamości piorunu i elektryczności największy postęp zrobiła. W tym samym czasie, kiedy Barberet i Romas ogłaszali swoje prace, Franklin, w swoich «Listach o elektryczności» wykładał w następny sposób powody usprawiedliwiające przypuszczenie, które przypisywało elektryczności przyczynę zjawiska piorunu:

«Błysk piorunu jest falujący i zygzakowaty, podobnie jak iskra elektryczna;

«Piorun uderza szczególniej w przedmioty wyniosłe i śpiczaste; tak samo też wszystkie ciała śpiczaste przystępniejszemi są dla elektryczności, aniżeli ciała zaokrąglone;

«Piorun przebiega zawsze po najbliższym i najlepszym przewodniku; toż samo czyni elektryczność przy wyładowaniu butelki lejdejskiej;

«Piorun zapala materye palne, topi kruszce, rozdziela niektóre ciała, zabija zwierzęta; tak samo robi elektryczność.»

Franklin poszedł dalej. Postawił on hipotezę, że pręt żelazny kończysty, wzniesiony w powietrze, połączony z konduktorem metalowym, a stykający się z ziemią, mógłby może ściągać elektryczność z burzliwych chmur i usuwać tym sposobem wybuch piorunu.

Uważmy jednak, że Franklin mówił o konduktorze piorunowym tylko jako o doświadczeniu, które dopiero wykonać należało: hipoteza ta podporządkowana była rzeczywistości przypuszczenia, że piorun był zjawiskiem elektrycznem, gdyż wtedy nie zrobił był jeszcze żadnego doświadczenia, mogącego stwierdzić istnienie elektryczności w powietrzu; stwierdził jedynie ważną własność konduktorów zakończonych śpiczasto, że mogą zniweczyć elektryczność ciała umieszczonego w niewielkiej od nich odległości.

Pomysły które daliśmy poznać, to jest hipotezę o elektrycznej naturze piorunu, oraz zaprojektowane przez siebie doświadczenie, tyczące się sprawdzenia, czy konduktor metalowy wzniesiony w powietrze może zniweczyć skutki chmury burzliwej, wyłożył Franklin w małem dziełku pod tytułem «Listy o elektryczności», które ukazało się w Londynie w r. 1751. Przedstawiona królewskiemu towarzystwu naukowemu londyńskiemu, książka ta bardzo źle została przyjęta przez uczone zgromadzenie, które poczytało za zupełne absurdum projekt,—odwrócenia piorunu zapomocą kilku nędznych prętów żelaznych wzniesionych w powietrze.

Jednakże mimo tak nieprzychylnej opinii tego uczonego ciała, «Listy» Franklina uzyskały ogromne powodzenie w Anglii, a wkrótce i w całej Europie. Francya mianowicie przyjęła je z zapałem. Znakomity naturalista francuzki Buffon, zobowiązał jednego ze swych przyjaciół, Dalibard'a, aby przetłómaczył dzieło Franklina i sam zajął się przejrzeniem tego przekładu. Obok tego zapragnął sam wykonać doświadczenie zaproponowane przez amerykańskiego filozofa.

W celu sprawdzenia trafności pomysłów Franklina, Buffon kazał na wieży swojego zamku Montbard umieścić długą sztabę żelazną, kończystą u wierzchołka, a u podstawy odosobnioną zapomocą żywicy. Jedno-

cześnie Dalibard zaprowadził podobny przyrząd w ogrodzie willi swojej, leżącej w Marly, niedaleko Paryża.

Dnia 10 maja 1752 r., burza wybuchła nad Marly. Dalibard był w tej chwili w Paryżu, ale zostawił był na swojem miejscu, na wszelki wypadek, człowieka intelligentnego, nazwiskiem Coiffier, któremu dał odpowiednie instrukcye.



Fig. 144.

Coiffier zbliżył do sztaby pręcik żelazny, osadzony w butelce szklannej, w celu odosobnienia kruszcu i zabezpieczenia operatora; dwie iskry wystrzeliły ze sztaby. Wtedy Coiffier przywołał sąsiadów i zaprosił księdza proboszcza z Marly, który przybiegł mimo deszczu ulewnego. Iskry wydobywane ze sztaby, podobne były do snopeczków niebieskich i wydawały głos podobny do odgłosu uderzeń kluczem o sztabę.

W kilka dni później Dalibard odczytał o tem w akademii paryzkiej

memoryał, który przyjęty został przez uczonych z prawdziwemi uniesieniami radości.

Dnia 19 maja 1752 r., Buffon z kolei wydobył ze sztaby wzniesionej ponad swoim zamkiem znaczną ilość iskier elektrycznych.

Niebawem doświadczenia tego rodzaju upowszechniły się w Paryżu. Lemonnier odkrył obecność elektryczności w atmosferze pogodnej, fakt ważny i nowy, gdyż dotąd mniemano, że obecność chmury burzą ciężarnej potrzebną jest do wytworzenia elektryczności atmosferycznej.

W Nérac, de Romas przekonał się, że sztaba wyżej wzniesiona od innych, daje silniejsze iskry. Odtąd powziął myśl «wznoszenia konduktorów o ile możności jak najwyżej w krainę chmur, w celu wzmocnienia ognia niebieskiego». Zobaczymy zaraz jak mu się to powiodło.

Doświadczenia o których mówimy, nie były wolne od niebezpieczeństwa; dowiódł tego smutny koniec profesora Richmann'a, członka cesarskiej akademii umiejętności w Petersburgu, który zginął uderzony piorunem, przy doświadczeniu, które wielu fizyków przedtem już wykonywało.

Richmann urządził był ponad domem swoim konduktor, który, przeprowadzony przez dach, końcem swoim sięgał do wnętrza jego gabinetu fizycznego. Konduktor ten był nadzwyczaj starannie odosobniony, tak iż elektryczność atmosferyczna, ściągnięta ostrzem sztaby i nagromadzona w konduktorze, nie znajdowała nigdzie odpływu w ziemię.

Dnia 6 sierpnia 1753 r., w czasie gwałtownej burzy, która huczała nad Petersburgiem, Richmann, z elektrometrem w ręku, zabierał się do wymierzenia zapomocą tego narzędzia natężenia płynu elektrycznego. Stał on w pewnej odległości od sztaby, unikając silnych iskier, które się z niej wydobywały. Rytownik jego, Sokołow, wszedł właśnie w tę chwilę, a Richmann, przez zapomnienie, postąpił kilka kroków naprzód. Kiedy się nareszcie zbliżył na stopę od konduktora, kula ognia niebieskawego, wielka jak pięść, uderzyła go w czoło i zabiła na miejscu.

Sztaby żelazne odosobnione, służące do czerpania elektryczności z powietrza, pozwalały tylko w niezbyt wielkiej wysokości zbierać ten płyn z atmosfery. W celu zbierania go z wyższych warstw powietrza, dwaj fizycy, każdy z osobna, wymyślili *latawca elektrycznego.* Fizykami temi byli: Franklin w Ameryce, de Romas w Europie.

W sierpniu 1752 r., de Romas zawiadomił swoich przyjaciół pod sekretem, o powziętym przez siebie zamiarze puszczenia ku burzliwym chmurom latawca, uzbrojonego w ostrze metalowe. Pierwsze z nim doświadczenie wykonał dnia 14 maja 1753 r. Ale nie udało mu się, gdyż sznur na którym latawiec był uwiązany, niedość dobrym był przewodni-

kiem, i dla tego nie mógł doprowadzić elektryczności aż do ziemi. Dla zaradzenia temu, de Romas okręcił drutem miedzianym sznur na całej jego długości, wynoszącej 250 metrów.

Dnia 7 czerwca 1753 de Romas wykonał wspaniałe doświadczenie. Do dolnej części sznura od latawca, uczepił on sznurek jedwabny. Sznurek ten uwiązany był u bardzo ciężkiego kamienia, umieszczonego pod daszkiem przy domu. U sznura, powyżej sznurka jedwabnego, zawieszono cylinder z blachy żelaznej, połączony z drutem miedzianym, z którego, gdyby się dało, miały być iskry wydobywane: użyto do tego rurki z blachy żelaznej, osadzonej w rurce szklannej. Z razu wydobywały się



Fig. 145. Doświadczenie de Romas'a z latawcem elektrycznym.

iskry słabe tylko, a osoby w znacznej ilości obecne temu doświadczeniu, śmiejąc się, igrały z niebezpiecznym meteorem. Ale niebawem burza się wzmogła, a de Romas czemprędzej usunął na bok ciekawych. Długość i blask iskier wzmagały się ciągle. Wkrótce, nieustraszony badacz, począł otrzymywać niby wstęgi ogniste, wyskakujące w odległości stopy, i wydające trzask, który o dwieście przeszło kroków słychać było. Szum nieustający, podobny do sapania miecha kowalskiego, silna woń siarki wydobywająca się z konduktora, walec świetlany, mający 3 — 4 cali średnicy, otaczający sznur od latawca, oto były zjawiska, które de Romas obserwował z niezwykłą odwagą i spokojem. Nadeszła nareszcie chwila, w której uznał za rzecz rozsądną nie wydobywać już więcej iskier, i nie-

bawem nastąpiła też gwałtowna eksplozya, podobna do słabego piorunu, którą jednak słychać było aż w środku miasta: była to elektryczność z chmur, nagromadzona na konduktorze, która wyładowała się w ziemię.

W r. 1757, de Romas prowadząc dalej te niebezpieczne doświadczenia, wydobywał ze sznura od latawca wstęgi ognia, dziewięć do dziesięciu stóp długości mające, przy wydobywaniu się wydające huk podobny do wystrzału z pistoletu. De Romas odbywał wszystkie te doświadczenia w obecności tłumu, podziwiającego w nim tyle odwagi.

Autorowi tych pięknych doświadczeń zaprzeczano jeszcze za życia oryginalności pomysłu, tak jak mu jej zaprzeczano jeszcze i za dni naszych. Utrzymywano, że de Romas był tylko naśladowcą Franklina, który we wrześniu 1752 r., powziąwszy wiadomość o doświadczeniach Dalibard'a ze sztabą odosobnioną, wypuścił w powietrze latawca na równinach Filadelfii. A jednak, Romas, jedynie z przyczyn niezależnych od niego, nie mógł wykonać wcześniej jak w r. 1753 doświadczenia, którego myśl powziął i wiadomość o tem udzielił swoim przyjaciołom, a nawet akademii w Bordeaux, jeszcze w lipcu 1752 r. Dziś uznano już powszechnie, że de Romas nic nie wziął od Franklina, i że oryginalności tego pięknego pomysłu przeczyć mu nie można.

Franklin rzeczywiście we wrześniu 1752 r., na wsi, w okolicach Filadelfii odbył próbę z latawcem elektrycznym i otrzymał rzeczywiste objawy elektryczne, zapomocą konopnego sznura od latawca. Doświadczenie to było wcześniejszem, ale daleko mniej świetnem od doświadczenia de Romas'a, który odbywając swoje, nie wiedział jeszcze nic o franklinowskiem.

Bądź co bądź, doświadczenia któreśmy opisali, dowiodły dostatecznie obecności swobodnej elektryczności w powietrzu, natury elektrycznej piorunu i możności usunięcia zgubnych jego skutków, zapomocą sztaby śpiczastej wzniesionej w powietrze, według pomysłu Franklina, to jest zapomocą tak zwanego konduktora piorunowego.

Pierwszy taki konduktor zbudował Franklin w r. 1760. Przyrząd ten wzniesiono na domu pewnego kupca w Filadelfii. Był to pręt żelazny półdziesiętej stopy długi a pół cala średnicy mający, coraz to cieńszy ku górnemu końcowi. Dolny koniec połączony był z drugim prętem żelaznym, który u dołu łączył się znów z długim konduktorem żelaznym, zapuszczonym w ziemię na 4—5 stóp.

Zaledwie urządzono ten konduktor, zaraz uderzył weń piorun, nie zrządziwszy żadnej szkody domowi, bronionemu przez nowy przyrząd, którego wynalazek zawdzięczamy gieniuszowi Franklina.

Ameryka z zapałem i jako dobrodziejstwo publiczne przyjęła wyna-

lazek konduktora piorunowego; ale w Europie napotkał on na opór niemały, który trwał dość długo. W Anglii przez nienawiść do Franklina, jako do jednego z obywateli, którzy najczynniejszy mieli udział w oswobodzeniu Stanów Zjednoczonych, odrzucano wynalazek amerykański, a przynajmniej utrzymywano, że należy zaprowadzić w nim zmiany, niweczące zupełnie zasługę wynalazcy. Konduktor zaprojektowany przez Franklina kończył się śpiczasto; fizycy angielscy zdecydowali, że konduktory piorunowe śpiczaste są niebezpiecznemi, i że należy je zastąpić prętami zakończonemi kulą. Była to istna herezya naukowa, która upadła, okrywszy śmiesznością uczonych angielskich, jako smutnych pochlebców zawiści królewskiej i miłości własnej narodowej.

We Francyi pierwszy występ konduktorów piorunowych nie o wiele był szczęśliwszym. Ksiądz Nollet ogłosił się przeciwnikiem Franklina i jego wynalazku; a ponieważ ksiądz Nollet był wówczas wyrocznią w przedmiocie elektryczności, więc upowszechnienie się konduktorów piorunowych we Francyi na wielkie napotkało trudności. Aż do r. 1782, Francya nie chciała u siebie zaprowadzić tego przyrządu, uważanego za szkodliwy bezpieczeństwu publicznemu.

Pierwsze konduktory piorunowe we Francyi, zaprowadzone zostały w prowincyach jej południowych. Dopiero gdy się przekonano o ich skuteczności, zaprowadzono je i w Paryżu.



Fig. 146. Górny koniec konduktora piorunowego.

W Anglii konduktory piorunowe zaczęły wchodzić w użycie dopiero w r. 1788. W tymże samym czasie księztwo Toskańskie i Austrya poczęły zaprowadzać u siebie ten przyrząd. Niebawem potem wszystkie narody europejskie zaczęły sobie przyswajać ten wynalazek amerykański, tak, iż, jak powiada Franklin, «ksiądz Nollet dożył chwili, w której sam pozostał ostatnim z całego swojego stronnictwa».

* * *

Konduktor piorunowy składa się z pręta żelaznego zaostrzonego na końcu, wzniesionego w powietrze, i z przewodnika z tegoż same-

go kruszcu, idącego od dolnego końca pręta i zachodzącego drugim końcem w ziemię, zajętą znaczną ilością wody bieżącej, łączącej się z rzeką albo przynajmniej z większym strumieniem.

Oto warunki, którym konduktor piorunowy powinien czynić zadość, jeżeli ma być użytecznym, a nie zagrażać nigdy niebezpieczeństwem.

1) Ostrze konduktora powinno być należycie kończaste, a jednak posiadać dosyć oporu, aby go uderzenie piorunu stopić nie mogło.

2) Konduktor musi być dokładnie połączony z ziemią.

3) Począwszy od ostrza aż do dolnego końca, w konduktorze nie powinno być najmniejszej przerwy.

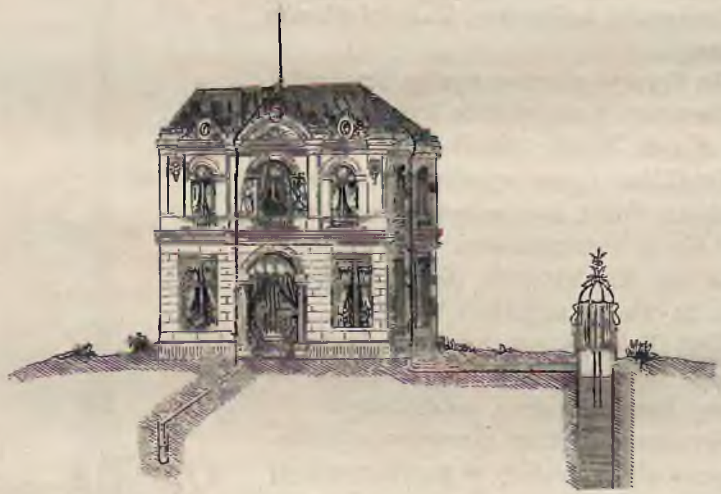


Fig. 147. Konduktor piorunowy, sięgający dolnym końcem w studnię.

A teraz zobaczmy jak należy urządzać konduktory, aby odpowiedziały wyżej wyliczonym warunkom.

Pręt dobrego konduktora ma 9 metrów długości i składa się z trzech kawałków, spojonych ze sobą końcami: z sztaby żelaznej 8,60 m., z pręta mosiężnego 60 centym., i z igły platynowej, 5 centym. długości mającej. Platyna jest kruszcem, który się nie utlenia w powietrzu, i dla tego użyto jej na ostrze konduktora; gdyż tlenki metaliczne są złemi przewodnikami elektryczności, i konduktor piorunowy zakończony ostrzem żelaznem utlenionem, byłby zupełnie bezskutecznym.

Przewodnik tego przyrządu, jest to sztaba żelazna, kwadratowa w przekroju, z bokami 15 — 20 milim. mającemi, powstała ze spojenia końcami

odpowiedniej ilości sztab. Unikać należy jak najstaranniej wszelkiej przerwy, gdyż ta naraziłaby budynek na wyładowanie się weń elektryczności. Wszystkie punkta spojeń sztab między sobą otoczone bywają rodzajem pierścieni z cyny użytej do lutowania, a sztaby podtrzymywane są w miejscach swoich podporami żelaznemi.

Tak utwierdzony konduktor powinien, jakeśmy to już mówili, sięgać dolnym końcem w wodę bieżącą, albo w studnię, jak to widzimy na fig. 147. Począwszy od dolnej podstawy budynku aż do wody, konduktor przechodzi przez wązki kanał zbudowany z cegły, wypełniony całkowicie węglem w piecu piekarskim wypalonym, który jest wybornym przewodnikiem elektryczności i dla tego ułatwia szybki jej odpływ; oprócz tego ochrania on konduktor od zetknięcia się z powietrzem, któreby go utleniło i szkodziło tym sposobem jego skuteczności.

Są tacy, co sobie wyobrażają, że konduktor dla tego musi się kończyć w studni albo w wodzie bieżącej, aby ogień piorunowy w wodzie tej ugasić. Jest to tłómaczenie śmieszne i zdradzające wielkie nieuctwo. Konduktor piorunowy usuwa zgubne skutki elektryczności nagromadzonej w burzliwych chmurach, zapomocą bardzo prostego fizycznego działania. Podobnie jak wszystkie ciała naelektryzowane, tak też i chmury naładowane elektrycznością działają z odległości na przedmioty znajdujące się na ziemi; według powszechnie przyjętej teoryi, usiłują one rozłożyć *płyn elektryczny naturalny* tych przedmiotów, przyciągnąć elektryczność dodatnią, jeżeli są naelektryzowane ujemnie, a ujemną, jeśli są naelektryzowane dodatnio. Wiadomo, że ciała zakończone śpiczasto, sprawiają daleko łatwiejszy i szybszy upływ elektryczności, aniżeli ciała z powierzchniami tępemi lub zaokrąglonemi. Z drugiej strony śpiczasty koniec konduktora piorunowego, połączony z ziemią nieprzerwanym szeregiem wybornych przewodników kruszcowych, ułatwia niezmiernie odpływ elektryczności nagromadzonej w ziemi. To też ostrzem konduktora wypływa ciągle massa elektryczności, przeciwnej tej, która jest nagromadzoną w powietrzu, a pochodzącej z ziemi. Elektryczność ta neutralizuje elektryczność przeciwną, którą chmura jest przeładowaną, i niweczący potrosze płyn swobodny, przyprowadza chmurę do stanu neutralnego, to jest do stanu równowagi elektrycznej.

Tak więc działanie konduktora piorunowego jest ciche, powolne, spokojne i bez wielkich efektów na zewnątrz. Tylko w razach nadzwyczajnego nagromadzenia się elektryczności w atmosferze, połączenie się płynów następuje nagle i piorun naprawdę uderza w konduktor. Są to jednak wypadki rzadkie, mianowicie kiedy konduktor jest dobrze zbudo-

wany. Umiejętność fizyka w urządzeniu konduktora polega właśnie na tem, aby o ile możności uniknąć uderzenia weń piorunów, które go zawsze uszkadzają mocno. To też dobrze jest, po każdej burzy obejrzeć wszystkie części przyrządu, w celu przekonania się, czy gdziekolwiek nadwerężonym nie został.

XX.

Telegraf elektryczny.

Część historyczna. — Pierwsza wzmianka o telegrafie elektrycznym. — Jerzy Lesage buduje pierwszy telegraf elektryczny. — Inny pomysł telegrafu elektrycznego. — Wynalazek stosu Volty daje nowy popęd próbom urządzenia telegrafów elektrycznych. — Telegrafy Sömmering'a, Schilling'a i Aleksandra. — Arago odkrywa, że żelazo namagnesowuje się chwilowo pod wpływem elektryczności. — Zasada ogólna, na której polega budowa wszystkich telegrafów elektrycznych. — Telegraf elektryczny Morse'a, czyli telegraf amerykański. — Telegraf angielski. — Telegraf z cyferblatem. — Telegraf drukujący. — Telegraf podmorski. — Telegraf zaatlantycki.

Poznawszy w konduktorze piorunowym najważniejsze z zastosowań elektryczności statycznej, czyli elektryczności w spoczynku, przejrzyjmy teraz najbardziej interesujące zastosowania elektryczności dynamicznej, to jest elektryczności w ruchu, którą wytwarza stos Volty. Na pierwszem miejscu stoi tutaj telegraf elektryczny.

Myśl zastosowania elektryczności do korespondencyi telegraficznej, to jest do nadzwyczaj szybkiego przesyłania znaków lub liter z jednego miejsca na drugie, nasunęła się naturalnie fizykom, od czasu gdy poznali zjawiska elektryczne, a mianowicie od chwili jak się przekonali, że elektryczność przenosi się z jednego punktu na drugi w przeciągu czasu, który prawie ocenić się nie da. Po r. 1750, to jest po pracach Grey'a, Dufay'a, Musschenbrock'a, Lemmonier'a i Franklin'a, poczęto zajmować się myślą takiego zastosowania tajemniczej siły elektryczności.

W czasopiśmie szkockiem, wychodzącem pod tytułem: *Scot's Magazine*, znajdujemy opis bardzo już dobrze pomyślanego telegrafu elektrycznego, jedną tylko początkową głoską nazwiska podpisany. Autor

tego listu, datowanego z Renfrew, 1 lutego 1753, pozostał nieznanym. Myśl ta zresztą nie zwróciła na siebie uwagi, gdyż narząd projektowany przez bezimiennego uczonego, nie był wcale wykonanym.

Inny zupełnie los stał się udziałem innego narządu tego rodzaju, pomyślanego przez Genewczyka, pochodzenia francuzkiego, Jerzego Ludwika Lesage'a.

W r. 1760 Lesage, profesor matematyki w Genewie, powziął myśl zbudowania telegrafu elektrycznego i wykonał takową w r. 1774. Pierwszy ten telegraf elektryczny składał się z 24 drutów metalowych, oddzielonych jeden od drugiego i objętych w materyą będącą złym przewodnikiem. Każdy drut kończył się pręcikiem, u którego uczepiona była mała kulka z rdzenia bzowego, zawieszona na nitce jedwabnej. Gdy który z drutów został na jednej ze stacyj dotknięty laseczką laku, naelektryzowaną przez potarcie, kulka na drugiej stacyi zostawała odepchniętą, i poruszenie to oznaczało jednę z liter alfabetu.

Myśl użycia płynu elektrycznego do telegrafowania, pojawiła się w tymże czasie w Niemczech, Hiszpanii i Francyi, u wielu fizyków, którzy wystąpili z mniej lub więcej dokładnemi przyrządami, zbudowanemi na tej podstawie. Lhomond we Francyi, w r. 1787; Bettancourt w Hiszpanii, w 1787 r.; Reiser w Niemczech, w 1794 r; Franciszek Salva, lekarz madrycki, w 1796 r., wprowadzili myśl tę w życie, na rozmaity sposób.

Ale wszystkie te przyrządy, funkcyonujące za pomocą elektryczności statycznej, dostarczonej przez maszynę z płytą szklanną, były jedynie ciekawościami gabinetowemi i nie mogły służyć do prawdziwej korrespondencyi telegraficznej. Jakoż elektryczność statyczna, wzbudzona przez tarcie, trzyma się jedynie na powierzchni ciał i dąży do opuszczenia swoich konduktorów, z rozmaitych przyczyn, a w szczególności przez wpływ powietrza wilgotnego.

Ponieważ telegrafy elektryczne, oparte na elektryczności statycznej, nie mogły oddać żadnej usługi w praktyce, sztuka telegraficzna musiała się wyrzec używania tych przyrządów. W tym czasie też ksiądz Klaudyusz Chappe wynalazł doskonały system telegrafów powietrznych, i system ten przyjęty został najprzód we Francyi, a następnie w całej Europie.

Elektryczność statyczna, jak to powiedzieliśmy, nie dała się zastosować korzystnie do korrespondencyi telegraficznej; ale odkrycie stosu Volty, dostarczającego stale elektryczności dynamicznej (pod którą to postacią elektryczność nie ma zupełnie dążności do wydobycia się z ciał w których tkwi), zmieniła zupełnie postać rzeczy. Od tej chwili można było myśleć na seryo o użyciu elektryczności, jako czynnika w sztuce telegraficznej.

W pierwszych chwilach po wynalazku stosu Volty, rozkład wody przez strumień elektryczny zwrócił na siebie głównie uwagę fizyków. Ten to fenomen chemiczny posłużył za podstawę do pierwszego telegrafu elektrycznego, którego pomysł oparty był na zastosowaniu stosu Volty. W r. 1811, Sömmering, fizyk monachijski, podał opis telegrafu opartego na rozkładzie wody, którego dokonywano w pewnej odległości, w rozmaitych naczyniach, przedstawiających dwadzieścia cztery litery alfabetu i dziesięć znaków liczebnych. Ale metoda ta przedstawiała wiele trudności w praktyce, zarówno przez zawikłanie jakie następowało w skutek użycia przeszło trzydziestu drutów, jak niemniej w skutek niepewności reakcyi chemicznej, wywoływanej w wielkiej odległości. Ażeby osiągnąć skutek pożądany, trzeba było zastąpić działanie chemiczne, wywołujące rozkład wody, skutkiem mechanicznym.



Fig. 148.

Aż do r. 1820, nauka nie mogła dostarczyć żadnego środka wywołania zapomocą elektryczności działania mechanicznego, potrzebnego do utworzenia dobrego telegrafu elektrycznego. Środka tego dostarczyło dopiero znakomite odkrycie fizyka duńskiego Oersted'a.

Oersted odkrył w r. 1820, że prąd elektryczny ze stosu Volty, obiegając dokoła igły magnesowej, spycha tę igłę z naturalnego jej położenia, o czem już wspominaliśmy, mówiąc o stosie Volty. Fig. 148 wskazuje, jak się urządza tego rodzaju doświadczenie. Jak tylko wzbudzimy prąd elektryczny w drucie AB, przechodzącym ponad igłą magnesową C, ujrzymy igłę tę poruszającą się, przybierającą położenie przeciwne położeniu swemu zwykłemu i wskazującą wschód i zachód, zamiast północy i południa. Zaledwie o tem odkryciu wieść się rozeszła, fizycy postanowili je zużytkować na korzyść telegrafów elektrycznych. Ampère podał opis przyrządu do korrespondencyi telegraficznej, opartego na zboczeniach tylu igieł magnesowych, ilo jest liter w alfabecie.

14

Ale skutki te były zanadto słabe; trzeba było wzmocnić ich natężenie. Drugie odkrycie na polu fizyki dostarczyło poszukiwanego na to sposobu.

Schweigger, skręciwszy sam w sobie drut przewodni od stosu, odosobniwszy go powłoką jedwabną i umieściwszy igłę magnesową w środku tego systemu, dostrzegł, że zboczenie tej igły wzmagało się w miarę liczby skrętów drutu. Schilling i Aleksander oparli na tem odkryciu nowy system telegrafu elektrycznego. Lecz ponieważ ich przyrządy złożone były ze znacznej liczby drutów metalowych, potrzebnych do wskazywa-



Fig. 149.

nia liter alfabetu, więc niepodobna było prawie otrzymać z nich regularne działanie. Trzeba było jeszcze po nowe sposoby do nauki się uciec.

Powtarzając doświadczenie Oersted'a, Arago odkrył fakt nader doniosły, że elektryczność obiegając dokoła sztaby żelaza miękkiego, to jest bardzo czystego, nadaje tej sztabie własności magnesu.

Okręćmy dokoła sztaby żelaza miękkiego, mającej kształt podkowy, jak to wskazuje fig. 149, drut miedziany obwinięty jedwabiem, jako materyą odosabniającą, i połączmy dwa końce tego drutu z dwoma biegunami stosu, a żelazo natychmiast stanie się magnesem i zdoła przyciągnąć kawałek żelaza, umieszczony w pewnej odległości. Przerwijmy prąd, to jest

połączenie żelaza ze stosem, a natychmiast sztaba utraci własności magnesu, wróci do stanu naturalnego, a kawałek żelaza który do siebie przyciągnęła, odpadnie zaraz. W ten sposób można w jednej sekundzie kilka razy zamienić kawałek żelaza miękkiego w magnes i przywrócić go znów do stanu naturalnego.

Używszy stosu Bunsena o czterdziestu ogniwach i okręciwszy konduktor znaczną liczbę razy dokoła kawałka żelaza wyrobionego w kształcie podkowy, jak to wskazuje fig. 149, można otrzymać elektro-magnes, czyli magnes sztuczny, zdolny unieść przeszło 500 kilogramów.

Namagnesowanie chwilowe żelaza przez prąd elektryczny, oto wielka zasada, na której oparte są wszystkie dzisiejsze telegrafy elektryczne. Postaramy się wytłómaczyć, jakim sposobem można w odległości wytworzyć skutek mechaniczny, zapomocą chwilowego namagnesowania żelaza przez prąd elektryczny.

Dajmy na to, że stos znajduje się w Paryżu. Drut przewodni od tego stosu ciągnie się np. aż do Calais i tam okręca się około sztaby żelaznej, poczem znów przeprowadzony jest napowrót do stosu umieszczonego w Paryżu. Płyn elektryczny, idący z Paryża, namagnesowuje sztabę żelazną znajdującą się w Calais, a jeżeli przed tą sztabą umieszczony został krążek żelazny ruchomy, krążek ten, przyciągnięty natychmiast, przylgnie do naszego sztucznego, chwilowego magnesu. Przerwijmy teraz w Paryżu połączenie drutu przewodniego ze stosem, a sztaba żelazna znajdująca się w Calais zostanie natychmiast odmagnesowaną; przestaje zatem przytrzymywać ruchomy krążek żelazny, który przybiera zaraz pierwiastkowe swoje położenie, a to tem łatwiej, że sprężyna może poprzeć ruch jego wsteczny, jak to widzimy na fig. 150.



Fig. 150.

Tak więc, otwierając i przerywając z kolei prąd w Paryżu, otrzymuje się w Calais ruch krążka tam i napowrót. Ruch ten, który namagnesowanie chwilowe dozwala wywoływać w odległości, jest faktem zasadniczym, na którym polega sztuka telegrafowania zapomocą elektryczności.

* * *

Za naszych czasów buduje się mnóstwo rozmaitych telegrafów elektrycznych, które wszystkie oparte są na zasadzie chwilowego namagnesowywania się żelaza, ale które różnią się jedne od drugich mechanizmem użytym przy zastosowaniu tego objawu do dawania znaków. Rozmaitość sposobów używanych przez mechaników w różnych krajach, w celu sko-

rzystania z tego ruchu, dała początek rozmaitym praktykowanym dzisiaj przyrządom telegraficznym.

Żeby się nie zabłąkać wśród różnorodności dzisiejszych systemów telegrafów elektrycznych, sprowadzimy je do następnych:

1) Przyrząd amerykański wynalazku prof. Morse, w Stanach Zjednoczonych;

2) Przyrząd igłowy, używany w Anglii.

3) Przyrząd z cyferblatem, używany dziś głównie przez zarządy kolei żelaznych;

4) Nakoniec przyrząd drukujący, to jest odbijający depesze znakami kolorowemi albo czcionkami drukarskiemi.

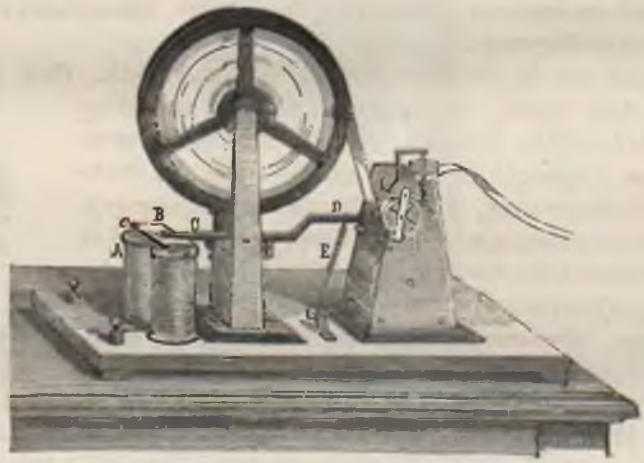


Fig. 151.

Telegraf Morse'a. Professor Samuel Morse, fizyk Stanów Zjednoczonych, uważany jest powszechnie za twórcę telegrafu elektrycznego. Powiadają, że wymyślił ten przyrząd 19 listopada 1832 r. na pokładzie okrętu *Sully*, w powrocie z Francyi do Ameryki. Oto układ telegrafu Morse'a taki, jaki dziś jest w użyciu w większej części państw europejskich. Jest to, jak zobaczymy, telegraf piszący sam depesze, które przesyła.

A, (na fig. 151) jest to elektro-magnes podwójny; każdy z elektromagnesów *(c, f,)* składa się z długiego drutu miedzianego, okręconego jedwabiem, nawiniętego na sztabę żelazną. Powyżej, w małej odległości, widać sztabkę żelazną B, która zostaje przyciąganą przez elektro-

magnes A. Sztabka ta połączona jest z drążkiem metalowym złamanym, C D. Gdy wzbudzimy prąd, sztabka B przylgnie do elektro-magnesu A. Sztabka ta, jak już powiedzieliśmy, połączona jest z drążkiem CD; a ponieważ drążek ten ma ruch wahający na osi, na której w pośrodku jest osadzony, więc gdy koniec jego D obniża się, koniec drugi D, wolny a zaopatrzony w ołówek, podnosi się i styka z wstążką papieru, która zapomocą przyrządu zegarowego, otrzymuje ruch nieustający i jednostajny. Gdy prąd zostanie przerwany, sztabka B przestaje być przyciąganą, a sprężyna spiralna E sprawia obniżenie się końca D w drążku CD, w skutek czego sztabka B, nie przyciągana chwilowym wpływem elektromagnesu, podnosi się w górę.

Widzimy tedy, że przez kolejne wzbudzanie i przerywanie prądu elektrycznego, koniec drążka D otrzymuje ruch to podnoszący go w górę to opuszczający na dół, w skutku czego osadzony w nim ołówek może wyciskać cały szereg znaków na wstążce papierowej X, która się odwija



Fig. 152.

ciągle i jednostajnie. Na tej samej figurze widzimy cylinder F, zawierający w sobie zapas wstążki papierowej, której koniec przechodzi na bloczek G, gdzie weń ołówek uderza. Widzimy również przyrząd zegarowy H, który bezustannie odwija papier.

Ten telegraf umieszczony jest na stacyi odbiorczej. Stos i przyrząd służący do wzbudzania i przerywania prądu, czyli tak zwany *ekspedytor*, znajdują się na stacyi z której się depeszę wysyła.

Ten ostatni przyrząd składa się z guziczka metalowego B (fig. 152), osadzonego na końcu metalowego drążka elastycznego T. W skutek elastyczności swojej, drążek ten metalowy odstaje do góry. Nacisnąwszy guzik palcem, przyciska się go do małego czopka metalowego, który zapomocą sztabki metalowej, umieszczonej pod płytą, połączony jest z dwoma małemi czopkami *aa*, do których przytwierdzone są dwa druty, stanowiące konduktory stosu.

Tym sposobem naciskając sprężynę i pozostawiając ją potem własnej

elastyczności, tworzy się lub przerywa kolejno upływ elektryczności do przyrządu telegraficznego umieszczonego na drugiej stacyi.

Gdy prąd wzbudzony i przerwany zostaje nagle, ołówek przyrządu telegraficznego, umieszczony na drugiej stacyi, znaczy pojedyncze punkta na papierze. W miarę jak prąd trwa dłużej lub krócej, otrzymujemy linie większej lub mniejszej długości. Nareszcie odstępy białe powstają z przerwania prądu.

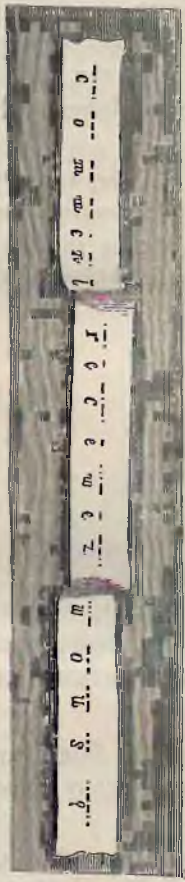


Fig. 153.

Punkt i linia dostarczają tyle kombinacyj, ile ich potrzeba do korespondencyi. Litery, na które najwięcej cztery znaki się składają, oddzielone są jedne od drugich odstępami białemi, a wyrazy odstępami nieco większemi. Stosownie do czasu, przez jaki trwa zetknięcie metalowego ołówka z papierem, można zaznaczyć punkt albo też dłuższą lub krótszą linię. Jeżeli namagnesowanie trwało tylko chwilę, na papierze pozostanie tylko punkt zaznaczony; lecz jeżeli się namagnesowanie przedłuży, ołówek, zanim się podniesie, będzie miał czas naznaczyć na ruchomym papierze rysę pewnej długości. W ten sposób przedłużając mniej lub więcej czas trwania prądu elektrycznego, urzędnik na stacyi z której wychodzi depesza, może w odległości stu mil, na papierze swojego korespondenta znaczyć punkt za punktem, albo kreski dłuższe lub krótsze; może wstawić punkt między dwie kreski, albo kreskę między dwa punkta i t. p. Z kombinacyi tych punktów i kresek powstaje umówiony alfabet, *alfabet Morse'a*, zastępujący litery pisane.

Punkt i linia (·—) znaczą literę A; linia i dwa punkta (—··) znaczą literę B; trzy punkta (···) literę C i t. d. Tym sposobem można układać wyrazy i zdania.

Fig. 153 przedstawia kawałek wstążki papiepierowej, pokrytej znakami z alfabetu Morse'a.

Fig. 153 przedstawia kawałck wstążki papierowej, pokrytej znakami z alfabetu Morse'a.

Telegraf elektryczny, któryśmy tu opisali, jest pierwszym telegrafem tego rodzaju zaprowadzonym w Stanach Zjednoczonych.

Pierwsza linia telegraficzna w Stanach Zjednoczonych otwartą zo-

stała w maju 1844 r., zaprowadzona między Washingtonem i Baltimore, i urządzona przez samego Samuela Morse'a. Odtąd telegraf Morse'a nie przestał być używany w Stanach Zjednoczonych, a dziś zaprowadzony jest prawie w całej Europie. Francya, Niemcy, Szwajcarya, Hiszpania, Włochy używają tego systemu telegrafów. Tylko w Anglii nie przestają używać innego przyrządu, o wiele mniej pewnego w użyciu, którego opis tutaj podajemy.

Telegraf angielski, czyli telegraf o dwóch igłach. Najprostszym ze wszystkich telegrafów, ze względu na swój mechanizm, ale nie najpewniejszym, jest telegraf angielski, czyli o *dwóch igłach*. Wymyślony on został przez p. Wheatstone, fizyka znakomitego, któremu Anglia zawdzięcza zaprowadzenie u siebie telegrafu elektrycznego.



Fig. 154.

Telegraf ten składa się z dwóch igieł magnesowych, które można poruszać lub zatrzymywać wedle woli, zapomocą wzbudzenia lub przerwania prądu elektrycznego. Każdą z tych igieł wprawia się dowolnie w ruch, zapomocą dwóch rękojeści (fig. 154), które wprawiają elektryczność w obieg dokoła nich. Pod wpływem prądu elektrycznego, igła magnesowa zbacza ze swojego kierunku ku północy i wykonywa walnięcie, które stanowi znak telegraficzny. Jakoż, zapomocą tych dwóch igieł zdołano utworzyć alfabet, oparty na liczbie uderzeń igły prawej, igły lewej, albo też obudwu naraz. Literę E oznacza jedno uderzenie igły lewej, a dwa igły prawej; literę F jedno uderzenie lewej i trzy uderzenia igły prawej i t. d. W przyrządzie tego rodzaju trzeba liczyć bardzo wiele na zręczność i wprawę urzędników, w uzupełnieniu niedokładności mechanizmu. Używają do tego zwykle dzieci, które nabywają w tem nadzwyczajnej biegłości i wprawiają igły w ruch z szybkością myśli.

Jeżeli telegraf angielski ma za sobą prostotę, nie zaleca się za to wcale oszczędnością ani dokładnością. Jakoż, aby wprawić w ruch dwie igły magnesowe, wymaga on dwóch drutów przewodnich i dwóch prądów

elektrycznych, zamiast jednego drutu i jednego stosu, które wystarczają w systemie Morse'a. Okoliczność ta podwaja naturalne wydatki na urządzenie. System ten przedstawia prócz tego jednę wielką niedogodność, a mianowicie, że nie zatrzymuje żadnego śladu przesyłki. Wszystko zależy od pamięci urzędników, która może zawieść i zawodzi też często rzeczywiście, i ztąd to wynikają dość częste omyłki, zdarzające się na liniach telegraficznych angielskich.

Telegraf z cyferblatem. Telegraf ten wynaleziony został przez Wheatstona w Anglii.

System ten, mocno skomplikowany, nie jest używany do korrespondencyi telegraficznej, ani publicznej, ani prywatnej; wyłącznie posługują



Fig. 155.

się nim koleje żelazne. Z tego powodu, dla którego przyrząd ten mniej nas obchodzić może, poprzestaniemy na podaniu głównej zasady, na której on się opiera, nie wdając się w szczegóły mechanizmu.

Na stacyi z której się depeszę wyprawia, znajduje się cyferblat okrągły (fig. 155), na którym wypisane są dwadzieścia cztery litery alfabetu i dziesięć znaków liczebnych. Cyferblat ten, zapomocą drutu od stosu, połączony jest z drugim takim samym cyferblatem, umieszczonym na stacyi odbiorczej, na którym powtarzają się dokładnie ruchy wykonane na pierwszym. Chcąc przesłać depeszę, na stacyi z której się ją wyprawia naprowadza się z kolei głoski składające słowa, między widełki na cyferblacie, jak to widzimy na fig. 155, i przez wzbudzanie lub przerywanie naprzemian prądu poruszającego wskazówką, też same litery ukazują się

na cyferblacie stacyi odbiorczej, w skutek wzbudzenia lub przerwania prądu na tej stacyi. Fig. 156 przedstawia cyferblat na stacyi odbiorczej.

Telegraf drukujący. Tak nazywają telegraf elektryczny, który zapomocą odrębnego mechanizmu kreśli depeszę na papierze literami drukowanemi lub innemi. Sposób, pozwalający osiągnąć ten rezultat, polega na przyciskaniu, zapomocą siły elektro-magnetycznej stosu, litery lub czcionki drukarskiej do papieru odwijającego się bezustannie i jednostajnie. System ten nie jest używany w Europie, a przyjęto go jedynie na małej liczbie linij telegraficznych w Stanach Zjednoczonych. Telegraf Morse'a, dziś prawie powszechnie przyjęty w Europie, pełni dostate-



Fig. 130.

cznie czynność telegrafu drukującego, gdyż kreśli na papierze znaki widoczne, które, według ustalonego już swego znaczenia, łatwo składają się w słowa.

Dotąd nic jeszcze nie mówiliśmy o budowie linii telegrafu elektrycznego, a w szczególności o sposobie zakładania drutów, które prąd przebiega. Pomówimy teraz o tym ważnym przedmiocie.

Druty miedziane, mające 3 do 4 milimetrów średnicy, przez które przechodzi prąd ze stosu umieszczonego na stacyi z której się depesza wyprawia, wspierają się na słupach drewnianych. Słupy te mają 7 do 8 metrów wysokości, a o 50 do 70 metrów oddalone są jeden od drugiego. Są one napuszczane materyami ochrończemi, a mianowicie solami miedzi albo smołą, w celu zapobieżenia zbyt prędkiemu ich próchnieniu.

W punktach zetknięcia się drutu ze słupami telegraficznemi, które są dobremi przewodnikami elektryczności, drut koniecznie odosobnionym



Fig. 157. Słup telegraficzny i dzwonek odosobniający porcelanowy.

być musi. W przeciwnym razie prąd elektryczny spłynąłby w ziemię. Odosobnienie dokonywa się, opierając drut na haczyku żelaznym, osa-



Fig. 158. Inne kształty dzwonków porcelanowych odosobniających.

dzonym w materyi będącej złym przewodnikiem elektryczności: w dzwonku porcelanowym. Figury 157 i 158 przedstawiają położenie drutu i kształt dzwonka porcelanowego, przeznaczonego do odosobnienia drutu.

Czasami zamiast dzwonka używają po prostu pierścienia porcelanowego, takiego jak to widzimy u drugiego słupa na fig. 157.

Ponieważ drut powinien być ciągle wytężony, więc w pewnych odstępach znajdują się słupy mające na sobie przyrząd do naciągania, złożony z kółka zębatego, które się nakręca kluczem i nawija drut na mały bloczek, gdy idzie o większe wytężenie obwisłej części drutu. Część takiego słupa, z przyrządem, przedstawia fig. 159.

A teraz pozostaje nam jeszcze pomówić o telegrafie podmorskim.

Nauka dokonała jednego z cudów czasów nowożytnych, przedłużając poza zakres lądów komunikacye telegraficzne, zapomocą drutów przewodnich poprowadzonych dnem morskiem.



Fig. 159.

Telegraf elektryczny podmorski przez długi czas przedstawiał wielkie trudności, z powodu niedostateczności i drogości rozmaitych materyałów, których wypadało użyć w celu odosobnienia drutu wśród massy wód morskich, będących bardzo dobrym przewodnikiem elektryczności. Dopiero w r. 1849 guttapercha, sprowadzona z Chin i będąca doskonałym odosabniaczem drutu elektrycznego, dozwoliła rozwiązać zagadkę telegrafu podmorskiego.

Dnia 13 grudnia 1851 r. otwarto telegraf podmorski między Douvres i Calais. Za konduktor użytą została lina metalowa, giętka i mocna zarazem. Cztery druty miedziane, okryte powłoką z guttaperchy, skręcone zostały z czterema sznurami konopnemi. Wszystko to sklejone było mięszaniną smoły i łoju. Sznur konopny służył za pochwę dla liny tele-

grafu podmorskiego, która od zewnątrz ściągnięta była silnie żelaznemi drutami.

Założenie liny telegrafu podmorskiego jest czynnością przedstawiającą w praktyce niemałe trudności. Idzie tu o wrzucenie w głąb morza, bez zerwania go, przewodnika elektrycznego, mogącego mieć przeszło sto mil długości, w jednym ciągu. Do czynności tej zatem, trzeba bardzo zręcznych i biegłych marynarzy. Zdarza się często, że jedno nagłe wstrząśnienie okrętu przez fale, w chwili spuszczania liny w morze, zrywa ją i całe usiłowanie niweczy. Czasami znów sama głębokość wody sprawia zerwanie się liny; doszedłszy bowiem do pewnej długości, lina, nie oparłszy się na dnie morskiem, staje się tak ciężką, że się zrywa własnym ciężarem.

Ten system komunikacyi podmorskiej w bardzo krótkim przeciągu czasu, szybkie uczynił postępy. Telegrafy podmorskie łączą dziś mnogie lądy ze sobą. Anglia połączona jest z Irlandyą, Holandyą i Belgią. Europa z Afryką połączone są telegrafem elektrycznym, który idzie od wybrzeży



Fig. 160.



Fig. 161.

francuzkich, przez Korsykę, przechodzi przez cieśninę Bonifacio, oddzielającą Korsykę od Sardynii, a następnie pogrążając się w głębiach morza Śródziemnego, bez żadnej już przerwy dobiega do wybrzeża afrykańskiego, w okolicach Borne.

W czasie wojny zwanej wschodnią, w r. 1856, zarzucono linię telegrafu elektrycznego w morze Czarne, między Warną i Bałakławą, i dzięki tej to linii, w Paryżu i Londynie wiedziano w każdej chwili o ruchach armij w Krymie.

Długość liny telegraficznej między Douvres i Calais wynosi około 30 kilometrów, średnica jej ma trzy centymetry, a ciężar jej cały 180,000 kilogramów. Składa się ona, jak to pokazuje fig. 160, z czterech drutów miedzianych, powleczonych odosobniającą warstwą guttaperchy. Druty te są następnie połączone i pokryte wspólną powłoką z tego samego materyału, a wszystko razem jest silnie ściśnięte dziesięcią grubemi drutami żelaznemi powleczonemi cynkiem. Te dziesięć drutów nie przyczyniają się w niczem do komunikacyi elektrycznej; przeznacze-

niem ich jest jedynie ochrona drutów i ich powłoki i nadanie całości siły dostatecznej do opierania się wpływom zewnętrznym.

Fig. 161 przedstawia przekrój poprzeczny liny telegraficznej z Douvres do Calais. W środku tej figury widzimy cztery druty miedziane, będące przewodnikami prądu elektrycznego, a do około dziesięć ochronnych drutów żelaznych.

Lina telegrafu elektrycznego podmorskiego irlandzkiego, idącego morzem z Holy-Head do Dublina na przestrzeni 130 kilometrów, obejmuje tylko jeden drut miedziany, podczas gdy pancerz jej zewnętrzny składa się z dwunastu drutów żelaznych dosyć cienkich. To też, przy równej długości, waży ona dziesięć razy mniej, niż konduktor z Douvres do Calais: kilometr jej waży tylko 611 kilogramów, a cały jej ciężar wynosi około 80,000 kilogramów. Jeden dzień wystarczył na rozwinięcie i rozciągnięcie jej na dnie morskiem.

Telegraf zaatlantycki. W r. 1858 podjęto olbrzymie przedsięwzięcie: chodziło o połączenie liną podmorską Europy z lądem stałym amerykańskim. Lina ta miała 880 mil (francuzkich) długości; utworzona była z siedmiu drutów miedzianych, skręconych ze sobą, osłoniętych powłoką z guttaperchy i z drutu żelaznego.

Powiodło się wybornie zarzucenie liny w głąb Oceanu między Irlandyą i Nową Zemlą, w Ameryce; ale lina ta nie była w stanie przepuszczać prądu elektrycznego dłużej jak przez kilka dni, i nową próbę musiano odłożyć do innego czasu.

Przedsięwzięta na nowo w r. 1865, czynność ta nie udała się w skutek zerwania się liny przy jej zatapianiu.

Ale w r. 1866 usiłowania marynarzy i uczonych angielskich uwieńczone zostały zupełnie pomyślnym rezultatem. Nietylko zdołano, w lipcu 1866 r., zatopić w głębiach Oceanu 800 mil liny elektrycznej, ale udało się wyłowić linę która utonęła w roku zeszłym, i przez zlutowanie z nią drugiego konduktora, uczynić z niej drugi telegraf elektryczny zaatlantycki.

Na pomieszczenie ogromnej massy konduktora zaatlantyckiego, potrzeba było okrętu odpowiednich rozmiarów i nadzwyczajnej pojemności. Okręt angielski *Great-Estern*, największy jaki kiedykolwiek zbudowano, przeznaczony został do przyjęcia na swój pokład ogromnej długości konduktora telegraficznego. W lipcu 1866 r. rozpoczęto trudną czynność rozwinięcia go i zatopienia w głębiach morza, w kierunku linii wytkniętej poprzednio, której głębokości zostały wprzód dokładnie zbadane zapomocą sondowań, które trzy lata pracy kosztowały marynarkę angielską oraz marynarkę Stanów Zjednoczonych.

Dwa inne okręty towarzyły okrętowi *Great-Estern*, i jako lżejsze i nie mające na sobie ładunku, torowały mu drogę i każdej chwili były na zawołanie.

Na pokładzie *Great-Estern* znajdowały się przyrządy telegraficzne, któremi przesyłano do Londynu depesze zapomocą części liny już zatopionej, zawiadamiając o wszystkich szczegółach i postępach czynności.

Po szczęśliwem dokonaniu zatopienia nowej liny, *Great-Estern* jął się poszukiwań liny zatopionej w r. 1865 i wyłowił ją również szczęśliwie, mimo ogromnej głębokości (3,600 metrów), w jakiej leżała.

Lina wyłowiona, spojona została zaraz z pewną ilością nowej liny, naumyślnie na ten cel na innym okręcie przywiezionej. Dzisiaj więc Anglia z Ameryką połączone są dwiema liniami telegrafu podmorskiego, *zaatlantyckim*, a właściwie *przez-atlantyckim* (transatlantique) zwanego.

Francya nie chciała w ruchu tym pozostać w tyle. Utworzyło się towarzystwo francuzkie, które zamówiło dla siebie linę w Anglii, i w lipcu 1868 r., *Great-Estern* wywiózł znów tę linię na Ocean i złożył ją na dnie jego równie szczęśliwie, jak dwie poprzednie. Przez-atlantycka linia telegraficzna francuzka wychodzi z Brestu, a kończy się w Nowym-Jorku.

Tak więc obecnie trzy liny telegrafu podmorskiego są w ruchu i przenoszą wiadomości z jednego świata do drugiego, mimo mórz i ogromu rozdzielających je przestrzeni.

Ciekawy fakt objawia się przy tej ogromnej linie, łączącej dwa światy doraźną komunikacyą, a mianowicie różnica czasu dająca się spostrzegać na dwóch końcach liny, to jest w Europie i Ameryce. Depesze przesłane z Europy do Ameryki Północnej, przychodzą tam blizko o sześć godzin wcześniej, niż zostały wyekspedyowane w Paryżu albo Londynie. Jeśli naprzykład kupiec francuzki o godzinie dziesiątej z rana wysyła depeszę telegraficzną do korespondenta swojego w Stanach Zjednoczonych,—to depesza ta przychodzi do Ameryki tegoż samego dnia o godzinie czwartej z rana. Fakt ten jest wynikiem różnicy długości geogr., która, obliczona na czas, wynosi np. między Paryżem a Nowym Orleanem około 6-ciu godzin. Dla każdego miejsca położonego o 15 stopni dalej na zachód, słońce opóźnia się o godzinę. Z tego wypływa, że dla Nowego-Orleanu, który leży o dziewięćdziesiąt, czyli o sześć razy piętnaście stopni na zachód od południka paryzkiego, słońce wschodzi o sześć godzin później niż dla Paryża.

Możnaby więc z pozorną słusznością powiedzieć, że zapomocą liny podmorskiego telegrafu, wiadomość dochodzi do Ameryki wprzód, aniżeli

została wysłaną z Europy. Do takich to dziwnych rezultatów dochodzi nauka, wprawiając umysł nasz w ciągłe niemal zdumienie i podziw.

Nie potrzebujemy zdaje się tłómaczyć, że zadziwiająca ta sprzeczność jest tylko pozorną, w gruncie zaś rzeczy fizyczne momenta działania są te same. Cała dziwaczność rezultatu wypływa z różnicy czasu i miejsca, na innym leżącego południku.

XXI.

Galwanoplastyka i elektro-chemiczne pozłacanie.

Galwanoplastyka. Praktyczne rezultaty galwanoplastyki. — Przygotowanie matrycy.—Sposób otrzymania osadu metalicznego wewnątrz matrycy. — Zastosowania galwanoplastyki.—Jej początek. **Elektro-chemiczne pozłacanie i posrebrzanie.** Opis sposobu postępowania. —Osadzanie się kruszców jednych na drugich.— Posrebrzanie i pozłacanie naczyń stołowych sposobem elektro-chemicznym.

Galwanoplastyka jest jednem z najpożyteczniejszych w praktyce zastosowań chemii. Galwanoplastyka bowiem pozwala nam, zapomocą prostych rozczynów solnych i dzięki działaniu elektryczności, otrzymywać przedmioty miedziane, srebrne i złote, które dotąd wyrabiano jedynie dłutem albo odlewając je z kruszcu.

Celem galwanoplastyki jest reprodukcya danego przedmiotu z miedzi, srebra lub złota. Chcąc otrzymać taką reprodukcyę czyli kopię, podobiznę, zdejmuje się najprzód z oryginału formę czyli matrycę, na której później osadza się kruszec. Osad miedzi, złota lub srebra otrzymuje się, rozkładając zapomocą prądu ze stosu Volty rozczyn soli, zawierającej w sobie kruszec, który osadzić chcemy: rozczyn miedzi, jeśli chodzi o uzyskanie osadu miedzi; rozczyn jakiejś soli złotej lub srebrnej, jeżeli chcemy uzyskać podobiznę ze złota lub srebra. Chcąc więc opisać sposób postępowania galwanoplastycznego, musimy rozważyć:

1) Sposób przyrządzania matrycy;

2) Sposób osadzania w tej matrycy kruszcu, zapomocą prądu elektrycznego.

Przyrządzanie matrycy. Materyałem używanym dziś prawie wyłącznie na matryce, przeznaczone do odwzorowania oryginału, jest *guttapercha.* Materyał ten posiada najszacowniejsze ku temu własności, gdyż mięknie w gorącu, i z największą łatwością przybiera kształty każdego przedmiotu, gdy się go, po rozmiękczeniu zapomocą gorąca, przyłoży i z lekka przyciśnie do oryginału, który odwzorować chcemy. W skutek tego naciśnięcia, guttapercha, jako materyał nadzwyczaj plastyczny, wnika we wszystkie zagłębienia oryginału. Po oziębieniu, dzięki jej sprężystości, odrywa się ją z łatwością od wzoru, którego wszystkie szczegóły zachowuje z nadzwyczajną wiernością.



Fig. 162.

Ale guttapercha tworząca matrycę galwanoplastyczną, jest złym przewodnikiem elektryczności, a więc nie przepuściłaby prądu elektrycznego, mającego dokonać rozkładu siarczanu miedzi. Trzeba więc wewnętrzną jej powierzchnię zamienić na dobrego przewodnika elektryczności. W tym celu wnętrze matrycy pociąga się, zapomocą pędzla, sproszkowanym *grafitem.* Grafit jest odmianą węgla, będącą bardzo dobrym przewodnikiem elektryczności, i nadaje guttaperce, którą okrywa, tęż samą własność, koniecznie jej tutaj potrzebną.

Zamiast guttaperchy używają i innych materyałów plastycznych, jak np. kleju na gorąco, który się oddziera po ostudzeniu; gipsu, który wybornie przyjmuje odcisk przedmiotu; wreszcie laku. Ponieważ jednak

wszystkie te materyały są złemi przewodnikami elektryczności, wymagają więc zawsze pociągnięcia cienką warstwą grafitu.

Sposób otrzymywania osadu metalicznego wewnątrz matrycy. Gdy matrycę w ten sposób przygotujemy i uczynimy ją dobrym przewodnikiem elektryczności, pozostanie nam postarać się o uzyskanie w jej wnętrzu osadu metalicznego. W tym celu łączy się matrycę z biegunem ujemnym stosu Bunsena, składającego się z jednego albo z dwóch ogniw, stosownie do liczby i objętości przedmiotów poddanych kąpieli, i wkłada się tę matrycę w naczynie drewniane, zawierające w sobie rozczyn siarczanu miedzi, jak to pokazuje fig. 163.

W skutek rozkładającego działania prądu elektrycznego, sól miedziana zostaje rozłożoną, tlenek jej rozdziela się na swoje pierwiastki, na



Fig. 163.

miedź i tlen, tlen odpływa ku biegunowi dodatniemu i ulatnia się w powietrze, miedź zaś zdąża ku biegunowi ujemnemu i osadza się jako metal. A ponieważ matryca z guttaperchy połączona jest z biegunem ujemnym stosu, więc osadzanie się metalu następuje w jej wnętrzu, a wyżłobienia jej w kilka godzin zostają wypełnione osadem miedzianym. Osad ten zwiększa się ciągle, w skutek ciągłego działania prądu elektrycznego, który rozkłada siarczan miedzi, tak, że cały spód matrycy niebawem zostaje wypełniony warstwą kruszcu, który z nadzwyczajną dokładnością odwzorowuje najdrobniejsze szczegóły oryginału.

Nie sama tylko miedź służyć może do reprodukcyj galwanoplastycznych. W zupełnie podobny sposób można otrzymać osady srebra i złota, zwracając działanie stosu do rozczynów soli srebrnych i złotych.

* * *

Galwanoplastyka ma bardzo szerokie zastosowanie w praktyce. Za jej pomocą można otrzymywać wyborne podobizny medali, i tym sposobem rozmnażać rzadkie egzemplarze, po bardzo nizkich cenach. Niemniej ważnem jest zastosowanie jej do reprodukcyi statuetek, płaskorzeźb i rozmaitych figurek artystyczną wartość mających. Zdołano już nawet otrzymywać w ten sposób wierne kopie posągów znacznych rozmiarów. Reprodukuje się pojedyncze części posągu, każdą z osobna, a potem łączy się je i spaja w jedną całość. To piękne zastosowanie galwanoplastyki przyniosło już znakomite rezultaty i powołanem jest zastąpić w przyszłości dzisiejszy sposób, to jest odlewanie posągów z kruszcu w matrycach piaskowych.

Sztuka drukarska i sztycharska znakomite już odniosła korzyści z galwanoplastyki.

Przychodzi ona w pomoc drukarstwu, zapomocą reprodukcyi matryc pism rzadkich i wyczerpanych.

Mówiąc o drzeworytnictwie, powiedzieliśmy, że za jej pomocą otrzymuje się pewną liczbę podobizn drzeworytów, które służą potem do odbijania w tekscie książek drukowanych.

Rytownictwo tak zwane wklęsłe, również niemało skorzystało z galwanoplastyki, otrzymując dowolną liczbę reprodukcyj płyty miedziorytowej. Płyta taka, prędzej lub później,—ale zawsze—zużywa się po pewnym czasie; — tymczasem galwanoplastyka podaje sposób oszczędzenia, zapomocą owych produkcyj, pierwotnej płyty, która wyszła z pod ręki artysty, gdyż odbitki nie dokonywają się z niej, ale z owych podobizn, ona zaś pozostaje przez to niejako wiecznotrwałą, gdyż nietkniętą. Gdyby galwanoplastyka była znana w wiekach ostatnich, byłyby się do naszych czasów dochowały płyty, które służyły do pięknych rycin XVII i XVIII wieku, a z których dziś i śladu nie pozostało.

Początek galwanoplastyki zawdzięczamy badaniom chemicznego działania stosu Volty. Od chwili gdy doświadczenie nauczyło, że prądy elektryczne posiadają własność rozkładania soli i osadzania zawartego w nich kruszcu, zaczęto myśleć o skorzystaniu z tego faktu, przez otrzymywanie osadów metalicznych zapomocą prądu elektrycznego. Brugnatelli, fizyk padewski, uczeń Volty, pierwszy w r. 1807 dał poznać sposób otrzymywania zapomocą stosu osadów złota i srebra. Ale galwanoplastyka powstała właściwie dopiero około r. 1837, dzięki pracom fizyka rossyjskiego Jacobi'ego.

Osady metaliczne, otrzymywane sposobem elektro-chemicznym.

Pozłacania i posrebrzania kruszców dokonywano dawniej za pośrednictwem rtęci. Chcąc pozłocić lub posrebrzyć miedź, bronz, albo cynk, przyrządzano amalgamat ze złota albo srebra, to jest kombinacyę rtęci ze złotem gdy szło o pozłocenie, a rtęci ze srebrem gdy chodziło o posrebrzenie. Tym amalgamatem pociągano zapomocą pędzla, przedmiot, który chciano pozłocić lub posrebrzyć, a następnie wystawiano go na działanie ognia. Rtęć ulatniała się w skutek gorąca, a złoto lub srebro pozostawało przylgnięte do przedmiotu.

Ten sposób złocenia i srebrzenia połączony był z wielkiemi niebezpieczeństwami dla tych co się nim zajmowali. Para rtęciowa rozchodziła się po pracowniach, a powietrze przepełnione temi wyziewami, któremi oddychali robotnicy, przyprawiało ich o ciężkie choroby, a mianowicie o chorobę, zwaną *drżączką rtęciową*. Odkrycie sposobu pozłacania i posrebrzania zapomocą stosu Volty wyrugowało zupełnie, ku wielkiemu pożytkowi ludzkości, morderczy przemysł pozłacania zapomocą amalgamatów.

Pozłacanie elektro-chemiczne, które wynalazł w r. 1841, w Anglii, p. Elkington, jest jednem z najszczęśliwszych zastosowań galwanoplastyki. Pozłacanie i posrebrzanie elektrochemiczne jest po prostu działaniem galwanoplastycznem, w którem zamiast matrycy, używa się przedmiotu, który pozłocić lub posrebrzyć chcemy. Stos, kąpiel i wszystkie manipulacye, któreśmy opisali mówiąc o galwanoplastyce, służą, bez żadnej zmiany, do pozłacania i posrebrzania elektro-chemicznego. Jedyną trudność stanowi wybór soli złotej lub srebrnej, jakiej użyć należy.

Chcąc pozłocić zapomocą stosu jaki przedmiot metalowy, np. z miedzi lub bronzu, przyczepia się przedmiot przeznaczony do pozłocenia, do ujemnego bieguna stosu Bunsena, w przyrządzie podobnym do tego, jaki przedstawia fig. 164. Kąpiel zawiera w sobie cyanek złota rozpuszczony w cyanku potasu. Stos wprawia się w działanie, i pod wpływem prądu, cyanek złota się rozkłada: cyan ulatnia się biegunem dodatnim, a złoto osadza się przy biegunie ujemnym i pokrywa przedmiot przyczepiony do drutu zakończającego ten biegun; tym sposobem przedmiot zostaje pozłocony. Cała ta czynność trwa kilka minut. Chcąc otrzymać pozłotę grubszą, pozostawia się przedmiot nieco dłużej w kąpieli.

Po upływie tego czasu wyjmuje się z kąpieli przedmiot pozłocony, a następnie dla nadania mu połysku, pociera się go agatem albo innem ciałem twardem.

Mając znaczną ilość przedmiotów do pozłocenia, jak się to zdarza w warsztatach przemysłowych, trzeba żeby czynność ta odbywała się bez przerwy, co nie mogłoby nastąpić, gdyby trzeba było ciągle dodawać nowej soli złotej, w miarę jak takowa zostanie rozłożoną, a kruszec się



Fig. 164.

osadzi. Dla usunięcia tych niedogodności używa się *elektrodów rozpuszczalnych*.

Elektrodem rozpuszczalnym nazywamy sztabkę kruszcu, np. sztabkę złota w wypadku o którym mówimy, którą się przyczepia nie już do bie-



Fig. 165

guna ujemnego, jak wtedy gdy idzie o otrzymanie osadu metalowego, ale do dodatniego bieguna stosu. Tam wydziela się cyan, jeżeli używamy cyanku złota, albo chlor, jeżeli użyjemy chlorku złota. Cyan lub chlor roztwarzają złoto i przeprowadzają go w stan cyanku, który się roztwarza w cyanku potasu, znajdującym się w kąpieli, albo w stan chlorku, rozpu-

szczającego się wwodzie. Tym sposobem złoto roztwarza się przy dodatnim biegunie stosu, w miarę jak się osadza na biegunie ujemnym i pozłacanie trwa bez przerwy.

Figura 165 przedstawia przyrząd zwany *przyrządem złożonym*, który w warsztatach używany bywa do pozłacania galwanicznego. Bieguny stosu połączone są z dwoma prętami, położonemi wzdłuż na naczyniu, któro w sobie mieści płyn stanowiący kąpiel. Przedmioty przeznaczone do pozłocenia zawieszają się na pręcie połączonym z biegunem ujemnym. Sztabka złota zawieszona jest na pręcie połączonym z biegunem dodatnim, a część tej sztabki roztwarza się w miarę jak płyn zostaje rozłożony przez prąd elektryczny, a złoto zostaje zeń strącone.



Fig. 166.

Zastąpiwszy cyanek złota cyankiem srebra, i rozpuściwszy ten cyanek srebra w cyanku potasu, otrzymamy kąpiel, która pod rozkładającem działaniem stosu, posrebrza metale z jaknajwiększą łatwością. Postępuje się zupełnie tak, jak przy pozłacaniu, i otrzymuje się na powierzchni ciał umieszczonych w kąpieli powłokę srebrną, której, przez potarcie jakimś przedmiotem twardym, jak przy pozłacaniu, nadaje się piękny połysk metaliczny.

Tak samo jak przy pozłacaniu, używa się i przy posrebrzaniu rozpuszczalnego elektrodu, na ten raz czystego srebra. Fig. 166 przedstawia przyrząd używany do galwanicznego posrebrzania. Naczynia stołowe

przeznaczone do posrebrzania, zawioszone są na pręcie metalowym, połączonym z ujemnym biegunem stosu. Elektrod rozpuszczalny czyli sztabka srebra, skręcona w kółko, umieszczona jest w środku kąpieli i połączona z biegunem dodatnim. Srebro roztwarza się u bieguna dodatniego i wynagradza ubytek w kąpieli srebra, osadzającego się przy biegunie ujemnym.

Nietylko złoto i srebro można sposobem galwanoplastycznym osadzić w cienkiej warstwie na powierzchni innych kruszców. Używając odpowiednich soli metalicznych, można w ten sposób otrzymać powłokę platynową, ołowianą, kobaltową, niklową i t. d.; a jeżeli platynowanie, naołowianie i t. d. nie znajduje dotąd szerszego zastosowania w praktyce, to nie dla napotykanych trudności, ale po prostu dla tego, że nie przedstawia żadnych korzyści.

Najważniejszem dotąd zastosowaniem elektrochemicznego pozłacania i posrebrzania jest użycie takowego do naczyń stołowych, stanowiące znaczną gałąź nowożytnego przemysłu. Nakrycia stołowe galwanicznie posrebrzane, używane są wielce w Anglii, we Francyi i w całej Europie. Tanim kosztem może dziś każdy zapewnić sobie rezultaty hygieniczne i uczucie przyjemne, wynikające z użycia srebra na potrzebę domową. Gdy po kilku latach używania, warstwa srebra się zetrze, można sprzęty pokryć nową warstewką srebra, w sposób już opisany.

Tak to nauki spełniają dobroczynne posłannictwo, czyniąc znacznej liczbie ludzi, massom niemal, przystępnemi te korzyści i wygody, które dawniej były wyłącznym udziałem ludzi bogatych.

Można wreszcie zapomocą stosu osadzać cienką tylko warstewkę miedzi, okrywając nią całe przedmioty.

Najciekawszem zastosowaniem takiego namiedziania, jest pokrywanie miedzią kandelabrów gazowych, jak to jest w ogólnem użyciu w Paryżu. Kandelabry tamtejsze są z lanego żelaza, dla zapobieżenia więc ich utlenianiu się, powlekają je miedzią galwanoplastycznie, a to w sposób następny:

Do obszernego naczynia drewnianego, zawierającego w sobie roczczyn siarczanu miedzi, wkłada się kandelabr. W tej kąpieli umieszcza się pewną liczbę ogniw stosu Bunsena, utworzonych z blachy cynkowej, zanurzonej w kwasie siarczanym, rozcieńczonym wodą. Prąd elektryczny, wywięzujący się ze stosu, przebiega przez płyn, rozkłada sól metaliczną, i znajdującą się w niej miedź osadza na żelazie.

Ponieważ płyn wyczerpałby się prędko z metalu, utrzymuje się więc takowy w stanie nasycenia, zapomocą kryształów siarczanu miedzi, które zanurzają się w kąpieli zawiązane w worku.

Miedź osadza się zwolna, i po upływie ośmiu dni okrywa żelazo dostatecznie grubą powłoką, mającą około 2 milim. grubości. Wtedy wyjmuje się kandelabry z kąpieli, i zapomocą pewnej mięszaniny nadaje im się kolor bronzu, jako milszy dla oka aniżeli kolor miedzi.

XXII.

Sztuka oświetlania.

Oświetlanie u starożytnych. — Oświetlanie olejami. — Udoskonalenie oświetlania oliwą w czasach nowożytnych. — Odkrycie lamp mechanicznych. — Lampa Carcela. — Lampa z moderatorem. — Oświetlanie gazem. — Jego historya. — Filip Lebon wynajduje sposób oświetlania gazem. — Murdoch i Winsor. — Skład gazu oświetlającego. — Gaz przenośny. — Świeca stearynowa. — Sposób jej przyrządzania. — Oświetlanie zapomocą węglowodorów płynnych. — Oświetlenie elektryczne.

Oświetlenie u starożytnych.

Gałęzie drzew żywicznych, to jest pochodnie, były pierwszym materyałem, jakiego człowiek użył do oświetlania. I dzisiaj jeszcze, u wielu ludów dzikich, palenie drzew żywicznych jest jedynym środkiem uzyskania światła.

W cywilizacyi starożytnej oliwa i wosk były pierwszemi ciałami poświęconemi na oświetlenie. Ludy indyjskie, wszyscy mieszkańcy Azyi wyższej, Egipcyanie i Hebrajczycy, od najdawniejszej starożytności używali *lamp*, w których palili oliwę. Posiadamy znaczną ilość wzorów rozmaitych kształtów lamp, używanych przez Egipcyan, Greków i Rzymian. Wszystkie te lampy opierały się na jednej podstawie, to jest na goreniu knota bawełnianego, zanurzonego w oliwie. Oliwa spalała się, dźwigając się w knocie ciągle do góry, na zasadzie zwanej *włoskowatością*.

Użycie łoju wołowego i baraniego jest daleko późniejszem od użycia oliwy i wosku. Świece łojowe pojawiły się najprzód w Anglii w wieku XII; we Francyi poczęto ich używać dopiero w r. 1370, za Karola V.

Oświetlanie olejami.

Oświetlanie ciałami tłustemi, płynnemi, czyli oświetlanie zapomocą lamp, od początku istnienia społeczeństw aż po wiek ubiegły nic zrobiło żadnego postępu;—dopiero w r. 1780, fizyk genewski nazwiskiem Argand, wynalazł kominek szklanny i knoty koliste bawełniane. Dzięki temu wynalazkowi, oliwa poczęła się w lampach spalać dokładnie i dawać płomień bardzo jasny, w skutek znacznego napływu powietrza przez kominek w okolicę płomienia. Ten pamiętny wynalazek posunął prawie od razu sztukę oświetlania zapomocą lamp do szczytu doskonałości.

Kinkiet był pierwszym przyrządem do oświetlania, w którym zastosowano użycie kominków szklannych i knotów okrągłych Argand'a.

Kinkiet, tak nazwany od swego wynalazcy, aptekarza Quinquet'a, jest bardzo dowcipnym wynalazkiem, w celu doprowadzania coraz nowej oliwy do płomienia, w miarę jak się materyał ten wypala. Kinkiet jest *naczyniem Maryotta*, czyli *naczyniem o stałym poziomie*. Gdy poziom oliwy w rezerwoarze zaczyna się obniżać w skutek palenia się oliwy, nieco powietrza wchodzi ponad oliwę, podnosząc małą klapkę, i wpuszcza pewną ilość oliwy, która przywraca równy poziom w obu ramionach lampy. Tym sposobem oliwa napływa ciągle do rurki, odżywiając płomień bezustannie.



Fig. 167.

W kinkiecie i w lampach zbudowanych na zasadzie *naczynia Maryotta* czyli *poziomu stałego*, zbiornik z oliwą umieszczony jest wyżej niż płomień. Układ taki ma tę niedogodność, że rezerwoar, umieszczony na boku, rzuca cień. W rozmaity sposób usiłowano zaradzić tej wadzie, na początku bieżącego wieku. Wszystkie te jednak usiłowania nie odnosiły pożądanego rezultatu, kiedy nareszcie w r. 1810, zegarmistrz paryzki Carcel wynalazł znakomitą lampę, noszącą jego nazwisko.

Dla uniknięcia cienia, i dla oświecenia wszystkich dokoła części pokoju a zarazem ciągłego zasycania oliwą knota, Carcel umieścił zbiornik z oliwą u dołu lampy, a do dźwigania oliwy do knota urządził mechanizm zegarowy, który poruszając małą pompkę tłoczącą, podnosi oliwę w rurce pionowej i doprowadza ją aż do płomienia. Sprężyna tego mechanizmu nakręca się kluczem.

Lampa Carcela jest najlepszą ze wszystkich lamp. Jest ona jeszcze bardzo używana i za naszych czasów, z małemi zaledwie ulepszeniami.

Carcel umarł w r. 1812, nie osiągnąwszy korzyści ze swego ważnego wynalazku.

Lampę z moderatorem (fig. 168) wymyślił w r. 1836 francuzki mechanik Franchot. Jest to lampa oszczędniejsza niż Carcela, ale niżej od niej stoi pod względem dokładności i trwałości mechanizmu. W lampie



Fig. 168.

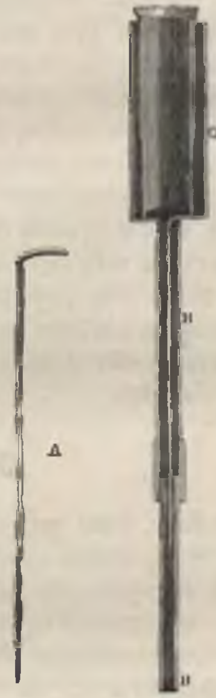


Fig. 169.

tej, powszechnie dziś używanej z powodu taniości, ruch zegarowy zastąpiono sprężyną spiralną, która się nakręca zapomocą klucza. Do górnego końca sprężyny przytwierdzony jest tłok; w skutek parcia sprężyny, tłok wywiera ciśnienie na oliwę, co ją zmusza do podnoszenia się wewnątrz rurki pionowej, jednym końcem zanurzonej w zbiorniku oliwy a drugim sięgającej płomienia.

Nazwa lampy z moderatorem poszła ztąd, że wewnątrz rurki którą oliwa dźwiga się do góry, znajduje się pręt metalowy, który posuwa

się w miarę poruszeń tłoka, i który stosownie do wysokości jaką zajmuje wewnątrz rurki, służy do regulowania przypływu oliwy do płomienia w ten sposób, aby takowy był ciągle jednakowy. Pręt ten (fig. 169) utrzymuje jednostajność dopływu oliwy przez cały czas rozciągania się sprężyny, której ruch nie jest jednostajny, gdyż podobnie jak we wszystkich sprężynach, słabnie, w miarę jak się zbliża do końca. Ów pręt metalowy, czyli moderator, A, przytwierdzony jest do tłoka, i dla tego wraz z nim się porusza. Z początku, to jest w pierwszych chwilach rozprężania się sprężyny, pręt ten wypełnia prawie całą część niższą rurki B B, którą oliwa wstępuje do góry, i przez to wznoszeniu się oliwy stawia przeszkodę, w skutek której zmniejsza się ilość jej dopływu do knota. W miarę atoli jak się tłok obniża, pręt ten, obniżający się wraz z nim, zostawia coraz więcej wolnego miejsca do przejścia oliwie i coraz większe jej ilości przepuszcza ku płomieniowi.

Tak więc stopniowe obniżanie się tego pręta wewnątrz rurki, którą wprzód prawie całą zajmował, ma ten skutek, że wynagradza słabnięcie jakiemu ulega siła sprężyny poruszającej, w miarę jak się ona rozkręca, gdyż obniżanie się tego pręta zwiększa stopniowo obszerność przewodu, którym przechodzi oliwa. Słusznie więc pręt ten nazwano *moderatorem* albo *regulatorem*.

Oświetlanie gazem.

Około r. 1820 pojawił się i począł upowszechniać, mianowicie we Francyi, nowy system oświetlania, który miał sprawić niebawem zupełny przewrot w zwyczajach publiczności, zaprowadzić znaczną oszczędność w użyciu materyałów oświetlających, i przyczynić się do dobrobytu powszechnego, rozsiewając obficie i za tanie pieniądze światło czyste i jasne.

Kilka historycznych szczegółów o początku i postępie oświetlenia gazowego, może nie będzie tutaj bez pewnego interesu.

Chociaż pierwsze początki oświetlania gazem datują się dopiero od r. 1820, jednakże przed tą epoką przedsiębrano już liczne próby i doświadczenia w tym kierunku. I o tych to właśnie pracach przedwstępnych chcemy tutaj powiedzieć słów parę.

Już od końca XVIII w. wiedziano, że węgiel kamienny, gdy się go w naczyniu zamkniętem podda działaniu gorąca posuniętego do czerwoności, wydaje ze siebie gaz zapalny. Ale aż do końca XVIII w. nie wyciągnięto żadnej korzyści z tego spostrzeżenia. W r. 1786, inżynier francuzki Filip Lebon, urodzony około r. 1765 w Brachet (w dep. Wyższej Marny), powziął myśl użycia do oświetlenia gazów powstających przy

dystylacyi drzewa, gazów zapalnych i posiadających do pewnego stopnia własność oświetlania.

W r. 1789 Lebon wziął przywilej *(brevet d'invention)*, na przyrząd który nazwał *termolampą*, czyli *piecem ogrzewającym i oświetlającym z oszczędnością*, i z którego chciał uczynić sprzęt gospodarski. W celu otrzymania gazu, umieszczał łupki drzewa w wielkiej skrzyni metalowej, i poddawał je wysokiej temperaturze. Drzewo, rozkładając się, wytwarzało gazy zapalne, materye empyreumatyczne, ocet i wodę. Gorąco pieca miało służyć do rozkładania drzewa, a gaz wytworzony przez ten rozkład, do oświetlania mieszkań.

Pierwsze *termolampy* usiłował Lebon zaprowadzić w Hawrze. Ale gaz przyrządzany przez niego słabo oświetlał a wydawał zapach niemiły, gdyż nie był oczyszczony. To też próby jego nie znalazły rozgłosu. Lebon powrócił do Paryża, żeby dać publiczności próbkę tego nowego sposobu oświetlania; ogrody i mieszkanie swoje przy ulicy św. Dominika począł oświetlać gazem, wydobywanym już nie z drzewa, jak w Hawrze, ale z węgla kamiennego. Ale gaz ten był jeszcze nieczysty, smrodliwy, a przy paleniu się jego wytwarzały się produkta szkodliwe. Lebon zmuszony był porzucić przedsięwzięcie, które go zrujnowało.

W r. 1798, inżynier angielski Murdoch, który znał rezultaty osiągnięte w Paryżu przez Lebon'a, oświetlił zapomocą gazu uzyskanego z węgli kamiennych główny budynek w fabryce Jakóba Watt'a. W r. 1805, w całej już fabryce zaprowadzony został ten sposób oświetlania; ale gaz źle był jeszcze oczyszczony.

W r. 1804, Niemiec Winsor zawiązał w Anglii stowarzyszenie przemysłowe, mające na celu oświetlanie ulic gazem wydobytym z węgli kamiennych. Tego to Winsora wytrwałym usiłowaniom zawdzięczamy udoskonalenie sposobu oświetlania gazem. W r. 1823 istniało w Anglii kilka towarzystw oświetlania gazem, już bogatych i potężnych, a stowarzyszenie Winsora, protegowane przez króla Jerzego III-go, samo jedno założyło pięćdziesiąt mil (francuzkich) rur przeprowadzających gaz pod brukiem ulic.

W r. 1815, Winsor przedsięwziął zaprowadzić we Francyi ten przemysł znakomity. Ale musiał staczać straszliwe walki z interesami, którym zagrażał nowy wynalazek. Uległ w tej walce i zrujnowany został.

Dzięki protekcyi Ludwika XVIII, podjęto powtórnie w Paryżu nowy system oświetlania w kilka lat później, i przedsięwzięcie to pomyślnym uwieńczone zostało skutkiem.

Ostatecznie widzimy, że zaszczyt pomysłu oświetlania gazem należy się Francyi, kiedy Anglia położyła zasługę przez wprowadzenie go w wykonanie. Wynalazca tego nowego sposobu oświetlania, Filip Lebon,

umarł w Paryżu w r. 1802, ubogi i nieznany, nie osiągnąwszy najmniejszego pożytku z długoletnich swoich usiłowań.

* * *

Gaz oświetlający składa się głównie z dwuwęglowodoru, gazu powstającego z połączenia czyli kombinacyi węgla z wodorem, pierwiastkiem gazowym. Wszystkie ciała, zawierające w sobie znaczną ilość węgla i wodoru dostarczyłyby, gdyby zostały mocno ogrzane, gazów zapalnych, obdarzonych pewną własnością oświetlającą. Materye zatem



Fig. 170.

organiczne, przedstawiające skład podobny, jak np. węgiel kamienny, torf, żywica, tłuszcze, mogłyby służyć do wyrabiania gazu oświetlającego. Ale przeważnie używają na to węgla kamiennego, gdyż po spaleniu pozostawia znaczną ilość węgla bardzo czystego, tak zwany *koks*, którego sprzedaż jako opału, powraca w części koszt zakupna węgli kamiennych.

W celu uzyskania gazu z węgla kamiennego, umieszcza się węgiel w walcach z gliny plastycznej, czyli w *muflach*, w liczbie trzech albo pięciu, w piecu ceglanym, który się nadzwyczaj mocno rozgrzewa.

Fig. 170 i 171 przedstawiają zewnętrzną postać pieców używanych do dystylacyi węgla kamiennego.

Pod działaniem gorąca, pierwiastki składające węgiel rozdzielają

się; tworzy się smoła, oleje empireumatyczne, sole amoniakalne i rozmaite gazy. Pomiędzy temi gazami wymienimy: wodor czysty, amoniak, dwuwęglowodor, siarkowodor, ów gaz smrodliwy, którego woń wszyscy znają, i który wydają z siebie jaja zgniłe i kloaki; nareszcie kwas węglowy, związek gazowy, który wodzie selcerskiej nadaje ów smak szczypiący a przyjemny.

Gdy jest zanieczyszczony temi rozmaitemi ciałami, gaz pochodzący z dystylacyi węgla jest słabo oświecającym, wywiera zabójczy wpływ na organa nasze, zmienia barwy materyi, niszczy kruszce i malowidła w których farbach znajduje się ołów.

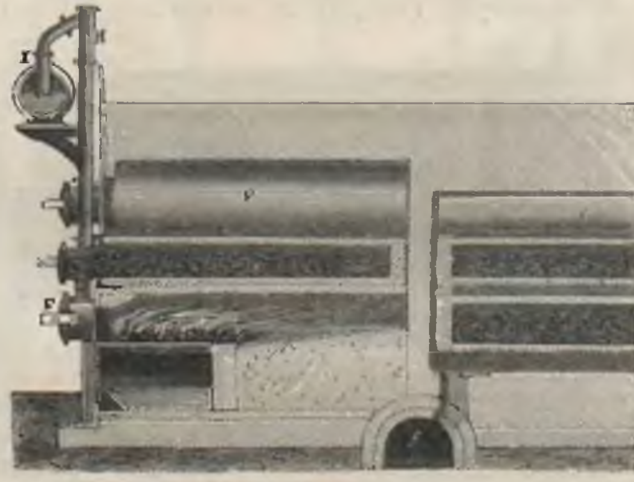


Fig. 171.

Fatalne te skutki pochodzą z amoniaku, z olejów empyreumatycznych, a szczególniej z siarkowodoru, który paląc się, wydaje kwas siarkowy. Idzie więc o to, żeby się pozbyć tych wszystkich ciał a zatrzymać jedynie dwuwęglowodor, jedyny gaz przydatny do oświetlania.

Dla osiągnięcia tego, wszystkie wytwory powstałe z rozkładu węgla kamiennego pokrywa się warstwą wody, kilka centymetrów grubości mającą. Woda ta znajduje się w zbiorniku mającym kształt cylindra z lanego żelaza. Cylinder ten widzimy u góry na fig. 170; jest to rura długa i szeroka, J L, idąca wzdłuż całego wierzchu pieca. Zawiera ona w sobie warstwę wody napełniającą ją do połowy, jak to widzimy na fig. 171, gdzie L

przedstawia cylinder widziany w przekroju pionowym, a H przekrój rurki prowadzącej do cylindra gaz wydobywający się z mufli.

Sole amoniakalne rozpuszczają się w wodzie cylindra, a jednocześnie smoła w niej się skrapla.

Następnie gaz skierowany zostaje do innego jeszcze przyrządu, zwanego *oczyszczaczem*, gdzie przechodzi przez przetaki napełnione wapnem sproszkowanem i zwilżonem wodą. Ciało to odbiera gazowi kwas węglany i siarkowodor, których oddzielenie odeń jest rzeczą tak ważną. Mimo tego oczyszczenie nie jest nigdy zupełnem i gaz wydaje z siebie w każdym razie woń niemiłą.

Fig. 172 przedstawia taką skrzynię do oczyszczania, czyli tak zwany *oczyszczacz*. C, jest to żelazne wieko żelaznej skrzyni B; *rv* i *rrv* są to korbki, zapomocą których, i okręconych na nich sznurów, połączonych



Fig. 172.

z blokami utwierdzonemi u góry odpowiedniej ramy, wieko to ciężkie dźwignąć można, gdy chodzi o wypróżnienie skrzyni po dokonanem oczyszczeniu, albo o jej wypełnienie świeżem wapnem. W punkcie E gaz wchodzi do oczyszczacza, a w S zeń wychodzi.

Oczyszczony powyżej wymienionemi sposobami, gaz sprowadzony zostaje do zbiornika przeznaczonego na skład jego i zowiącego się *gazometrem*. Przyrząd ten składa się z dwóch części: z kadzi przeznaczonej do przyjmowania wody, i z dzwonu, w którym się gromadzi gaz. Kadzie wybrane są w ziemi i wyłożone cementem, którego woda przeniknąć nie może. Dzwon, pokryty grubą warstwą smoły, zbudowany jest z silnych blach żelaznych. Łańcuch przytwierdzony do wierzchołka dzwonu przesuwa się na dwóch blokach, a na końcu dźwiga ciężary, równoważące gazometr. To urządzenie dozwala dzwonowi podnosić się i obniżać z łatwością w kadzi. Tym sposobem gaz nie ulega zbytecznemu ciśnieniu, które mogłoby sprawić to, żeby gaz uchodził, albo też przeszkadzać rozkładowi węgla w samych muflach.

Figura 173 przedstawia przekrój najwięcej używanego gazometru. Rura przez którą gaz przechodzi jest składaną, niby stawowatą, co pozwala jej zginać się stosownie do wysokości dzwonu. Sposób ten zawieszenia gazometru, wynaleziony przez Pauwels'a, jest bardzo wygodny. Jedna z rur stawowatych, A B C, służy do wprowadzenia gazu; druga, A' B' C', umieszczona na przeciwnym końcu średnicy dzwonu, odprowadza go, gdy się klapa podniesie zapomocą łańcucha. Gaz, wchodząc jedną z rur u spodu umieszczonych, podnosi łańcuch, i wtedy kąt jaki

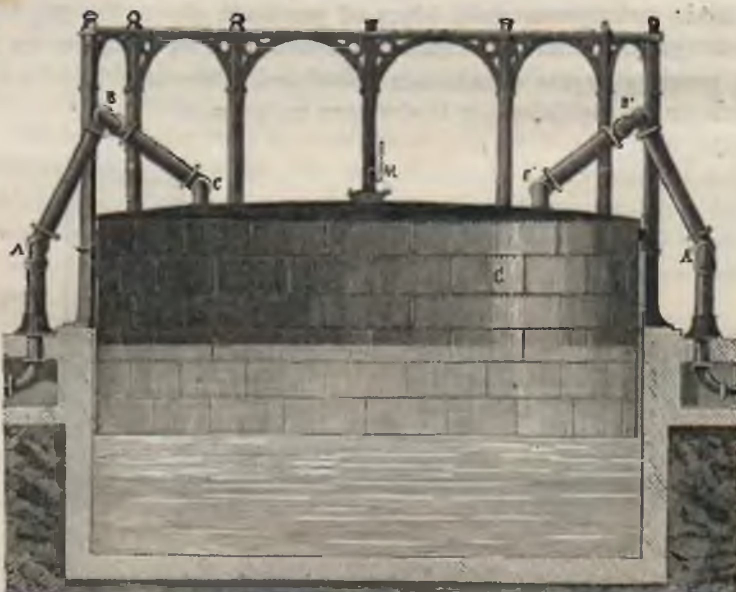


Fig. 173.

tworzą rury, zmienia się, w miarę jak się dzwon podnosi. Gdy gaz uchodzi, kąt rur zmienia się w stosunku odwrotnym, w miarę jak gaz odpływa do rury która go odprowadza dalej.

Figura 174 daje skrócony obraz przyrządów służących do wyrabiania gazu węglowego. F, to piec, mieszczący w sobie mufle, pełne węgla poddanego działaniu gorąca; T jest cylindrem, do którego napływa gaz pochodzący z rozkładu węgla; B jest studnią, w której się zbiera smoła i ciała rozpuszczalne w wodzie, znajdującej się w cylindrze; S, jest to szereg przewodów z lanego żelaza, częścią dolną zanurzonych w wodzie,

górną zaś wystawionych na przewiew powietrza, a mających na celu ochłodzenie gazu, który bardzo gorący przybywa z mufli; D, jest oczyszczaczem zapomocą wapna, złożonym z seryi trzech oczyszczaczy jednakowych, przez które gaz przechodzi kolejno; G, to gazometr czyli zbiornik gazu.

Z gazometru, szeroka rura prowadzi gaz do kanałów czyli rur rozprowadzających, z lanego żelaza. Rury stanowiące dalsze rozgałęzienia i rurki wprowadzające gaz we wnętrza domów, są ołowiane.

Małą rurką przewodnią, idącą od przewodu głównego, gaz wchodzi do podwójnego cylindra wydrążonego, kończącego się małą koroną metalową, przebitą zwykle dwudziestu dziurkami, któremi wchodzi sto dwadzieścia do stu pięćdziesięciu litrów gazu na godzinę.

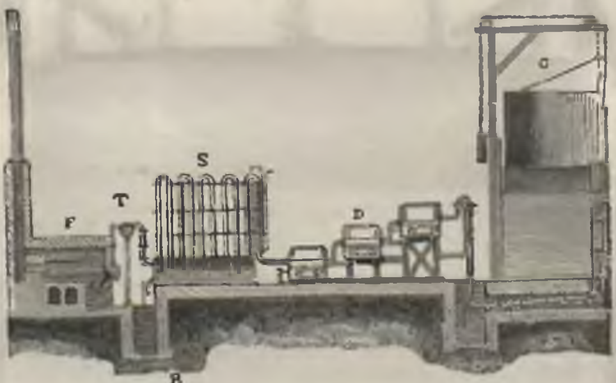


Fig. 174.

Taki jest w ogólności kształt kinkietów gazowych wewnątrz domów. Te które służą do oświetlania ulic kończą się małą ale grubą rurką, w której znajduje się wązka szpara. Gaz wychodzący tą szparą rozchodzi się szeroko a płasko, i tworzy płomień podobny do motylowego skrzydła.

* * *

Światło gazu nietyle pochodzi od niego samego, jak raczej od osadu pewnego ciała stałego, tworzącego się wewnątrz płomienia. Tak np. wodór czysty, paląc się, wydaje płomień blady i prawie niewidzialny, gdyż przy gorzeniu jego nie powstaje żaden osad materyi stałej, a para wodna jest jedynym wytworem tego gorenia. Przeciwnie, płomień dwuwęglowo-

doru jest bardzo jasny, gdyż gaz ten paląc się tworzy osad węglowy, który pozostając przez jakiś czas wewnątrz płomienia, zanim zostanie spalony, staje się świecącym, z powodu wysokiej temperatury w jakiej się znajduje. Temu to ciału obcemu, przebywającemu przez kilka chwil w płomieniu, gaz dwuwęglowodorowy zawdzięcza swoją własność świecenia.

Na tej też zasadzie zdołano użyć do oświetlania płomienia wodoru czystego, z natury bardzo bladego. Umieszczono poprostu w płomieniu gazu wodorowego mały cylinder czyli *koszyczek*, zrobiony z bardzo cienkich drutów platynowych. Cylinder ten, rozpalony do czerwoności lub białości, wydaje blask bardzo silny, i tym sposobem płomień wodorowy świeci bardzo jasno.

Wodor przeznaczony na oświetlenie otrzymuje się, puszczając parę wodną na rozżarzone węgle. Woda rozkłada się i wytwarza gaz wodorowy czysty i kwas węglowy, który absorbuje się zapomocą wapna, tak, aby pozostał tylko wodor czysty. Ten sposób postępowania jest bardzo prosty, ale gaz wodorowy wypada zanadto drogo, aby go można było użyć do oświetlania miast.

Gaz przenośny. Można rozwozić gaz po domach, w ogromnych wozach z blachy cienkiej, zawierających w sobie banie kauczukowe, zaopatrzone w kurek i rurkę. Chcąc wydzielić z nich gaz, ściska się rzemienie opasujące banię i tym sposobem wpędza się gaz do gazometru czyli zbiornika konsumenta.

Takie jednak rozwożenie gazu coraz rzadziej się praktykuje.

Świeca stearynowa.

Około r. 1831, poczęto, najprzód we Francyi, a niedługo potem i w całej Europie, używać do oświetlania *świecy stearynowej*. Wymyślony zrazu jako środek oświetlania zbytkowego i zastąpienia kosztownej świecy woskowej, nowy ten produkt, wyrabiany po cenach niższych, niebawem wszedł w powszechne użycie gospodarskie. Zastąpił on zarazem świecę woskową, której zaprzestano już dziś wyrabiać, a w wielu razach nawet i świecę łojową, która w użyciu jest tak niemiłą i którą tylko nizka jej cena utrzymuje jeszcze w życiu codziennem.

Świeca stearynowa dla tego tak nazwaną została, że się wyrabia z kwasu tłustego, zwanego *kwasem stearynowym*. Ale cóż to jest ten kwas stearynowy? Kwas stearynowy jest poprostu łojem, z którego wyrabiano dawniej świece, oczyszczonym zapomocą operacyi chemicznej z płynu w nim zawartego, to jest z kwasu oleinowego, któremu łój uży-

wany na świece zawdzięcza wszystkie swoje ujemne własności, a mianowicie nadzwyczajną topliwość, miękkość i woń niemiłą.

Łój można uważać za połączenie dwóch ciał: jednego stałego, to jest kwasu stearynowego; drugiego płynnego, to jest kwasu oleinowego. Operacya, jakiej poddaje się łój, w celu przemienienia go w kwas stearynowy czyli w świecę stearynową, polega na oczyszczeniu go z ciała płynnego, to jest z kwasu oleinowego, a pozostawieniu jedynie jego części stałych, to jest kwasu stearynowego.

Oczyszczony z materyi płynnej, w połączeniu z którą tworzy łój, kwas stearynowy jest ciałem suchem, niebardzo topliwem, dającem światło dobre, wygodne, czyste i stosunkowo niedrogie. Spala się zapomocą knota, którego nie potrzeba objaśniać, gdyż objaśnia się niejako sam, dzięki dowcipnemu pomysłowi, polegającemu na tem, że knot ten plecie się, skręcając go mocno. W skutek tego skręcenia, knot, w miarę jak się upala, odgina się końcem swoim na zewnątrz, gdzie go płomień przetrawia zupełnie, co uwalnia od obcinania go czyli objaśniania.

Przysposobienie kwasu stearynowego do przerobienia go na świece, polega na rozłożeniu łoju zapomocą wapna. Tym sposobem otrzymuje się *mydło wapienne*, to jest mięszaninę oleanu i stearynianu wapna. Tę mięszaninę rozkłada się następnie kwasem siarkowym rozcieńczonym wodą, który tworzy siarkan wapna i oswobadza kwasy stearynowy i oleinowy.

W celu rozdzielenia tych dwóch kwasów, pozbycia się kwasu oleinowego a zatrzymania jedynie kwasu stearynowego, mięszaninę tę, owiniętą w materyę wełnianą, poddaje się ciśnieniu, najprzód na zimno a następnie na gorąco, w prasie hydraulicznej. W skutek tego ciśnienia, przy pomocy gorąca, kwas oleinowy odpływa, i pozostaje tylko makuch kwasu stearynowego, w postaci massy białej, suchej i kruchej. Zlana w formy, w które poprzednio powkładane zostały knoty bawełniane skręcone i splecione, materya ta tworzy świecę stearynową.

Dwie były rozmaite fazy w szeregu prac, których rezultatem było obdarzenie przemysłu i gospodarstwa domowego produktem który nas zajmuje. W pierwszej nauka odsłoniła prawdziwy skład ciał tłustych, a więc i łoju, i wykazała we wszystkich ciałach tłustych obecność dwóch materyi odrębnych, jednej stałej a drugiej płynnej. W drugim peryodzie, przeniesiono na pole praktyki i przemysłu to odkrycie naukowe: zastosowano je do przetworzenia łoju w świecę suchą.

Braconnot, chemik z Nancy, pierwszy sprawdził ten fakt ogólny, że

wszystkie ciała tłuste, bez wyjątku, składają się z dwóch zasad bezpośrednich, jednej stałej a drugiej płynnej, których względna przewaga w ciele tłustem, nadaje mu stan stały, napół płynny albo płynny. Chevreul, chemik paryzki, dał następnie poznać zmiany, jakim ciała tłuste ulegają pod wpływem alkaliów i wykazał, że jednem z następstw tego wpływu jest tworzenie się kwasów tłustych. Kwas stearynowy i oleinowy odkrył Chevreul w r. 1813.

Zastosowanie kwasów tłustych do oświetlania i fabryczny wyrób świec stearynowych, zawdzięczamy panu Milly, który w r. 1831 otwarł pierwszą tego rodzaju fabrykę i wyrób ten rozpowszechnił następnie w całej Europie.

Oświetlanie węglowodorami płynnemi.

Łój, oleje roślinne albo gaz, mogą być zastąpione, jako środek do oświetlania, rozmaitemi płynami, które znajdują się w naturze w pewnej obfitości, i które, złożone z węglika i z wodoru, jak gaz oświetlający, mogą dostarczyć oświetlenia bardzo taniego. Olej stanowiący produkt główny pochodzący z dystylacyi żywicy ziemnej, znanej pod nazwą łupku żywicznego albo asfaltu, to jest olej z łupku żywicznego (*), olejek terpentynowy, który się otrzymuje dystylując żywicę wypływającą z sosen,—oleje stanowiące produkt główny z oleju skalnego, i t. p., mogą być w razie potrzeby zastosowane do oświetlenia. Tylko, ponieważ te rozmaite płyny, nadzwyczaj bogate w węglik i wodór, potrzebują, aby się paliły bez dymu i niemiłej woni, bardzo silnego ciągu powietrza, musiano wymyślić lampy odpowiednio urządzone, w których w skutek silnego przeciągu, powstaje wielki dopływ powietrza do punktu, w którym dokonywa się gorenie płynu oświetlającego.

We Francyi dosyć jest upowszechnione, mianowicie po fabrykach, oświetlanie olejem z łupku żywicznego; użycie jego atoli w mieszkaniach, z powodu trudności w usunięciu niemiłej woni, upowszechnić się nie da.

Nie można też pominąć i tej uwagi, że użycie oleju łupku żywicznego do oświetlania, nie jest wolne od niebezpieczeństw, z powodu łatwej zapalności tego produktu. Oleje roślinne nie są zapalnemi same przez się; mogą się one palić tylko za pośrednictwem knota, i to właśnie jest

(*) Produkt ten, pod nazwą *fotożenu*, ukazał się był w Warszawie około r. 1854, i zaczął dosyć wchodzić w użycie, ale niebawem przez daleko praktyczniejszą naftę wyrugowany został.

powodem, że użycie oliwy po domach jest zupełnie bezpiecznem. Przeciwnie, olejek z łupku żywicznego, olejek terpentynowy zmięszany z alkoholem i przybierający wtedy nazwę *gazożenu*, i t. p., zapalają się bezpośrednio za zbliżeniem się ciała płonącego, np. zapałki. Własność ta nakazuje wielką ostrożność w obchodzeniu się z temi płynami.

Zastosowanie oleju z łupku żywicznego do oświetlania, winno swój początek fabrykantowi francuzkiemu Selligues, który założył pierwszą fabrykę poświęconą destylacyi łupków żywicznych, i który wymyślił lampę podziśdzień używaną do oświetlania węglowodorami płynnemi.

Od r. 1863, istna rewolucya ekonomiczna poczęła się w oświetlaniu prywatnem, w skutek wprowadzenia do Europy *olejów mineralnych amerykańskich.* W głębi ziemi rozmaitych stron Ameryki północnej, a mianowicie Kanady, istnicją prawdziwe jeziora płynu nader palnego, który nazywają olejem skalnym *(petroleum).* Odkrywszy pokłady takiego oleju mineralnego, dość jest wywiercić w ziemi otwór świdrem studniarskim, a wytryśnie zaraz nieustająca kolumna tego płynu.

Pokłady oleju skalnego bardzo obfite odkryte zostały w Ameryce około r. 1858. Ponieważ płyn ten wybornie nadaje się do oświetlania, nie omieszkano go użyć do tego w Ameryce. Następnie poczęto go wywozić do Europy, gdzie z powodu taniości swojej rozpowszechnił się niebawem. Olej skalny zdetronizował olej z łupku żywicznego i inne płyny palne, w oświetlaniu zarówno fabryk jak mieszkań prywatnych.

Użycie oleju skalnego do oświetlania, nie jest na nieszczęście wolnem od niebezpieczeństw z powodu swej wielkiej palności. Ponieważ olej ten zdolny jest palić się bez knota, łatwo przeto zapalić się może. Przy zachowaniu jednak pewnych ostrożności, użycie jego nie przedstawia wielkich trudności.

Oświetlenie elektryczne.

Ostatni sposób oświetlenia o którym pomówić nam pozostaje, jest wynalazkiem dosyć świeżym; jest nim oświetlenie elektryczne, to jest łuk świetlany, powstający przy wyładowaniu silnego stosu Volty.

Prąd elektryczny, przepływający między dwoma końcami drutu przewodniego, trzymanemi w pewnem od siebie oddaleniu, tworzy łuk silnym blaskiem świecący, będący poprostu iskrą elektryczną wielkiego natężenia, z powodu wielkiej massy elektryczności, wytwarzanej przez stos bardzo silny.

Przyczepiwszy dwa druty metalowe do dwóch biegunów bardzo silnego stosu galwanicznego, jeżeli, nie stykając ich z sobą, dwa końce tych

drutów zbliżymy na pewną od siebie odległość, a mianowicie taką, aby nastąpić mogło wyładowanie elektryczności, to jest połączenie się dwóch elektryczności przeciwnych, przebiegających konduktory, objawia się silne światło między końcami tych dwóch konduktorów. Objaw ten pochodzi z neutralizowania się dwóch elektryczności przeciwnych, których połączenie się wywiązuje tyle ciepła, że w skutku takowego światło powstać może. Przy użyciu czterdziestu do pięćdziesięciu ogniw stosu Bunsena, łuk świetlany dochodzi nadzwyczajnej siły natężenia.

Na figurze 175 przedstawiamy taki łuk świetlany, powstały z zobojętniania się w powietrzu prądu stosowego, między dwoma konduktorami zrobionemi z dwóch kawałków węgla zwapnionego, który jest dobrym przewodnikiem elektryczności.



Fig. 175.

Do wywołania prądu elektrycznego, przeznaczonego do wydania łuku świetlanego, nie zawsze używają stosu galwanicznego. W latarniach morskich naprzykład, w których światło elektryczne wchodzi w użycie, prąd elektryczny wytwarzany bywa *maszyną elektro-magnetyczną*, to jest jednym z tych podziwienia godnych przyrządów, w których ruch magnesów naturalnych, przesuwających się szybko poprzed uzbrojeniami stałemi, z czystego żelaza, wywołuje prądy elektryczne, zwane *indukcyjnemi*, a równie silne jak te, które wydaje stos galwaniczny.

Główną część lampy *foto-elektrycznej* stanowią dwa pręty miedziane, umieszczone naprzeciw siebie, i połączone ze stosem Bunsena, złożonym z czterdziestu mniej więcej ogniw, albo z maszyną elektro-magnetyczną. Między temi to dwoma prętami miedzianemi, umieszczonemi na końcach konduktorów, to jest przy biegunach stosu, powstaje ów łuk świetlany, pochodzący z połączenia się dwóch płynów elektrycznych. Ale ponieważ silne gorąco i wpływ powietrza w krótkim czasie utleniłyby pręty miedziane, więc do prętów tych przytwierdza się dwa kawałki węgla bardzo mało palnego, znanego pod nazwą koksu. Ciało to które z wielką trudnością pali się w powietrzu, nadaje się bardzo na zakończenie konduktorów, i ów łuk świetlany błyszczy zwykle między dwoma ostro zakończonemi wałeczkami takiego węgla.

Figura 176 przedstawia lampę foto-elektryczną. Na słupku odosabniającym, utworzonym z rurki szklannej, utwierdzone są dwa pręty metalowa *a*, *b*, stanowiące bieguny stosu. Dwa zaostrzone na końcu wałki węglowe zakończają konduktory. Ponieważ węgle, paląc się

w powietrzu, zużywają się ostatecznie w ciągu doświadczenia, więc zapomocą rękojeści drewnianej *c*, pręt *cd* opuszcza się coraz niżej w szlufce *d*, w miarę jak węgle w skutek spalenia się oddalają się coraz bardziej i tworzą coraz większy odstęp między sobą, co w każdym razie pociąga za sobą osłabienie a w końcu przerwanie prądu elektrycznego.

Dodać winniśmy, że zbliżenia do siebie węgli, między któremi wyładowuje się elektryczność, nie dokonywa się ręką, ale zapomocą bardzo dowcipnie użytego samegoż prądu elektrycznego. W miarę jak słabnie, w skutek zwiększania się odległości między węglami, prąd elektryczny zbliża te węgle, tak, że prąd, a zatem i światło, nie doznaje przerwy ani na chwilę.

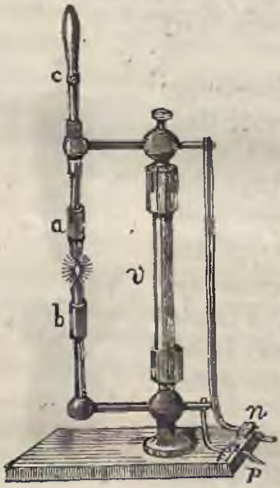


Fig. 176.

Oświetlanie zapomocą stosu galwanicznego nie weszło jeszcze w praktykę; używają go tylko w pewnych szczególnych wypadkach, jak naprzykład, gdy idzie o wykonanie przez noc jakich nagłych robót, albo też jako środka do wywołania pięknych efektów światła w teatrze lub podczas uroczystości publicznych.

Główną zawadą w zastosowaniu lampy elektrycznej do potrzeb życia prywatnego jest zbyteczna jej siła. Do wywołania światła elektrycznego, trzeba użyć przynajmniej czterdziestu ogniw stosu Bunsena, a ogromne ognisko świetlane tym sposobem stworzone, nie da się potem ani ograniczyć ani zmniejszyć. Ażeby spożytkować to światło w warunkach zwykłego oświetlenia, trzebaby umieć osłabić zbyteczną jego siłę i ograniczyć ją tak, aby dostarczała takiej objętości światła, jakiej dostarczają zwykłe nasze przyrządy do oświetlania; trzebaby wynaleźć sposób podzielenia łuku świetnego, wytworzonego prądem elektrycznym, na tysiące małych płomyków, tak, aby to światło na różne punkta rozdzielić. Tego rezultatu nie zdołano dotąd osiągnąć. Żałować tego wypada tem bardziej, że oświetlenie elektryczne byłoby jeszcze tańszem od gazowego, które przecież jest najtańszem ze wszystkich obecnie używanych sposobów oświetlania.

XXIII.

Balony.

Bracia Montgolfier wynajdują balony z gazem rozrzedzonym zapomocą ognia. — Fizyk Charles.— Montgolfier w Paryżu. — Pierwszy balon ogniowy który się wznosi z podróżnemi. — Pierwsze wzniesienie się z podróżnemi balonu wypełnionego gazem wodorowym.—Blanchard przebywa balonem cieśninę Kaletańską.— Śmierć Pilâtre'a de Rozier.— Balony używane za wojen rzeczypospolitej francuzkiej. — Podróże napowietrzne podejmowane w celach naukowych.— Teorya wznoszenia się balonów. — Czynności które wykonać trzeba przed wzniesieniem się balonu. — Łódka, klapa, balast, spadochron. — Kierowanie balonami.

Bracia Stefan i Józef Montgolfier'owie, fabrykanci papieru w miasteczku Annonay, w Vivarais, są wynalazcami balonów wznoszących się zapomocą gazu rozrzedzonego ogniem, które z tego powodu nazywają niekiedy *montgolfierkami*. Wychodząc z zasady, że wszelki gaz lżejszy od powietrza, powinien się wznosić w atmosferę, w skutek różnicy między gęstością tego gazu a gęstością otaczającego powietrza, bracia Montgolfier'owie wytworzyli gaz bardzo lekki, sposobem bardzo prostym, to jest ogrzewając pewną ograniczoną ilość powietrza, zamkniętą w powłoce z papieru i z płótna używanego do opakowania towarów. Przygotowawszy się do tego odpowiedniemi próbami, przedstawili wreszcie swoim współobywatelom świetny rezultat swoich doświadczeń.

Dnia 4 czerwca 1783 r. ogromny tłum cisnął się na jednym z placów miasteczka Annonay. Balon zrobiony z płótna podklejonego papierem, miał przytwierdzoną w dolnej części fajerkę, na której palono słomę i wełnę, w celu wydęcia balonu zapomocą powietrza ogrzanego. Okrzyki wi-

dzów powitały tę maszynę, która w przeciągu minut dziesięciu wzniosła się na pięćset metrów wysoko.

Członkowie stanów wiwarejskich, obecni na tem doświadczeniu, przesłali protokół całego tego zdarzenia Akademii umiejętności, która zawezwała natychmiast Stefana Montgolfier'a do Paryża, i postanowiła aby próba odbyła się na jej koszt. Cały Paryż niecierpliwie oczekiwał tego nowego widowiska. Otwarto subskrypcyę publiczną, która w kilku dniach przyniosła dziesięć tysięcy franków. Charles, słynny professor fizyki, podjął się przewodniczenia robotom około balonu, który wykonano w warsztatach braci Robert, konstruktorów narzędzi fizycznych.

Nikt w Paryżu nie znał jeszcze natury gazu użytego w Annonay przez braci Montgolfier'ów; wiedziano tylko z relacyi przesłanej przez stany wiwarejskie, że był to gaz «o połowę lżejszy od powietrza zwyczajnego.» Nie tracąc czasu na dochodzenie jaki to był gaz, i nie wiedząc jeszcze że bracia Montgolfier'owie używali powietrza ogrzanego, Charles postanowił napełnić swój balon gazem wodorowym, ciałem znanem zaledwie od kilku lat w laboratoryach chemicznych, a lżejszem czternaście razy od powietrza.

Dnia 27 sierpnia 1783 r., balon wypełniony gazem wodorowym, puszczony z ogrodu tuileryjskiego przez Charles'a i Robert'a, w dwóch minutach niespełna wzniósł się do tysiąca motrów wysokości. Oklaski i okrzyki pełne zapału trzechroć stu tysięcy świadków tego pięknego doświadczenia, powitały wzniesienie się pierwszego balonu wypełnionego gazem wodorowym.

Czyniąc zadość życzeniu objawionemu przez Akademią umiejętności, Stefan Montgolfier przybył niebawem do stolicy. Dnia 19 Września 1783 r., powtórzył w Paryżu doświadczenie z balonem napełnionym powietrzem ogrzanem, które był poprzednio wykonał w Annonay. W klatce z łoziny zawieszonej u dolnej części balona, zamknięto barana, koguta i kaczkę. Ci pierwsi napowietrzni żeglarze podróż mieli szczęśliwą; wzniosłszy się do dość znacznej wysokości, spuścili się na ziemię bez żadnego przypadku.

Pomyślny obrót tych pięknych doświadczeń zachęcił Montgolfier'a do zbudowania balonu, w którymby ludzie unosić się mogli. Urządził więc, dokoła zewnętrznej części otworu balona galeryę kolistą, zrobioną z łoziny pokrytej płótnem, tworzącą rodzaj balustrady wysokiej na człowieka, a przeznaczonej na pomieszczenie aeronautów. Młody fizyk, Pilâtre de Rozier, i oficer, margrabia d'Arlandes, odważyli się próbować szczęścia na tej łódce niebezpiecznej.

Dnia 31 października 1783 r., po długich wahaniach się ze strony Montgolfier'a i króla Ludwika XVI, którzy lękali się o los odważnych aeronautów, Pilâtre de Rozier i margrabia d'Arlandes wznieśli się w powietrze balonem zbudowanym przez Stefana Montgolfier'a, wypełnionym powietrzem ogrzanem. Wyruszyli oni z zamku Muette, położonego w lasku bulońskim.

Napowietrzna ich podróż była bardzo szczęśliwa, a gdy spuścili się na ziemię, powitano ich jako istnych tryumfatorów.

Figura 177, skopiowana z współczesnej ryciny, przedstawia mongolfierkę, która unosiła Pilâtre'a de Rozier i margrabiego d'Arlandes w tej pierwszej napowietrznej podróży.



Fig. 177.

Świetne doświadczenie Pilâtre'a de Rozier, powtórzono niebawem z balonem napełnionym gazem wodorowym, przedstawiającym daleko więcej bezpieczeństwa w podróży napowietrznej od balonu poprzedniego, w którym ogień był rzeczą konieczną. Doświadczenie to odbyło się 1 grudnia 1783 r. W obecności niezliczonego tłumu, który się zbiegł ze wszystkich stron Paryża, Charles i Robert wyruszyli z ogrodu tuileryjskiego, a spuścili się w dwie godziny później, o dziewięć mil od Paryża, na łąkę Nesle.

Doświadczenie o którem mówimy stanowi wielką datę w historyi sztuki która nas zajmuje, gdyż przy tej sposobności fizyk Charles obmyślił wszystkie środki używane później w podróżach napowietrznych, to jest: klapę, za której otwarciem gaz uchodzi i balon opuszczać się zaczyna,—łódkę do pomieszczenia aeronauty, — balast do regulowania szybkości spadania balonu, — powłokę kauczukową, którą się pociąga balon jedwabny, aby zapobiedz utracie gazu wodorowego,—wreszcie użycie barometru, który zapomocą zmian wysokości słupka rtęciowego wskazuje podróżnym, czy balon wznosi się czy opada, i który w razie potrzeby służy do wymierzenia wysokości, w jakiej się balon znajduje.

Blanchard, aeronauta francuzki, odbywszy wprzód kilka świetnych podróży, powziął zamiar niesłychanie śmiały na epokę, w której sztuka

aeronautyczna była jeszcze pełną wątpliwości i niedokładności; ogłosił że przy pierwszym wietrze sprzyjającym, puści się balonem z Douvres do Calais, przez cieśninę dzielącą Anglią od Francyi.

Dnia 7 stycznia 1785, Blanchard, w towarzystwie doktora Jeffries, Irlandczyka, wzniósł się rzeczywiście balonem napełnionym gazem wodorowym, puszczonym z wybrzeża pod Douvres. Kiedy byli nad morzem, mniej więcej w trzeciej części zamierzonej drogi, balon zaczął się obniżać: wyrzucili tedy balast, a balon wzniósł się napowrót i skierował ku Francyi. Gdy już ujrzeli wybrzeża francuzkie, balon, z którego gaz uchodził, począł spadać szybko. Rzucili w morze zapasy żywności, a nawet suknie ze siebie. Ale balon spadał ciągle. Nareszcie, zagrożeni kilkakrotnie niebezpieczeństwem spadnięcia w morze, dotarli przecie do wybrzeży francuzkich i spuścili się u bram Calais, gdzie ich czekało świetne przyjęcie. Blanchard otrzymał z rąk mera dyplom na obywatela Calais, a balon jego, na pamiątkę tego wypadku, złożony został w jednym z kościołów miejskich.



Fig. 178.

Fizyk Pilâtre de Rozier, który odznaczał się wielkim talentem i zapałem dla postępów aerostatyki, zginął wkrótce potem, bo 5 czerwca 1785, chcąc naśladować śmiałą próbę Blancharda. Umyślił on połączyć w jeden system oba używane dotąd sposoby, to jest montgolfierkę z balonem wodorowym. Zamierzył przebyć w ten sposób cieśninę Kaletańską i dostać się do Anglii, wyruszywszy z bulońskiego wybrzeża. Ale wkrótce po wyruszeniu z miejsca, nie dotarłszy nawet ponad Ocean, gdy materya balonu wodorowego rozdarła się podczas gdy aeronauta pociągnął za klapę, balon, wypróżniony z gazu, spadł na montgolfierkę i ciężarem swoim strącił ten przyrząd na ziemię. Pilâtre'owi de Rozier, który zginął w tej katastrofie, towarzyszył fizyk z Boulogne, nazwiskiem Romain, który podzielił los jego smutny.

* * *

Balony, trzymane na sznurach w odpowiedniej wysokości w powietrzu, mogły dostarczyć stanowiska do obserwowania sił i ruchów wojsk nieprzyjacielskich. W r. 1794 powzięto myśl spożytkowania balonów na

usługi armii francuzkiej, i utworzono w tym celu dwie kompanie balonerów *(aérostiers)*. Młody fizyk, nazwiskiem Coutelle, otrzymał dowództwo pierwszej kompanii balonerów. Balon kapitana Coutelle oddał prawdziwe usługi podczas bitwy pod Fleurus.

Używano jeszcze balonów w kilku kampaniach za rzeczypospolitej. Balon trzymany był zawsze na dwóch linach, przez dwie grupy żołnierzy. Dowódzca wydawał balonerom rozkazy z łódki, zapomocą różnokolorowych chorągwi. Z wysokości swojego stanowiska mógł obserwować i śledzić ruchy, działania i siły nieprzyjacielskie.

Jednakże wojskowa karyera balonów nie długo trwała. Pierwszy konsul Bonaparte, który nie miał zaufania w użyteczność podobnego środka w armiach, rozpuścił dwie kompanie balonerów i kazał zamknąć szkołę, którą urządzono w ogrodach zamku Meudon, gdzie, pod dyrekcyą Coutelle'a, uczono wojennych zastosowań balonu.

Pierwsi aeronauci heroizm swój nieśli na usługi nowego wynalazku, którego doniosłości niepodobna było jeszcze obliczyć; następcy ich uczynili z tego niejako rzemiosło, widowisko publiczne, mające jedynie na celu zwabianie ciekawych i próżniaków. Wszyscy znamy nazwiska aeronautów z profesyi, takich jak np: Jakób i Eliza Garnerin, pani Blanchard, Margat, Karol Green i syn jego Jerzy Green. Z pomiędzy mnogich podróży wykonanych przez tych aeronautów, napomkniemy tutaj w krótkości o tych, które najwięcej zwróciły na siebie uwagę publiczną.

Pani Blanchard wzniosła się w powietrze w r. 1819, podczas uroczystości wyprawionej w ogrodzie Tivoli przy ulicy ś. Łazarza. Wzięła ona z sobą na łódkę ognie sztuczne, które miała zapalić, wzniosłszy się do pewnej wysokości. Ale w skutek wstrząśnienia, kij do zapalania, który trzymała w ręce, zapalił gaz wodorowy w balonie. Pani Blanchard, ściągając dolny otwór balonu, usiłowała, ale nadaremnie, powstrzymać postępy ognia. Gaz gorzał przez kilka minut, bez uszkodzenia powłoki balonu. Gorejąca napowietrzna maszyna opuszczała sią zwolna, i gdyby ją wiatr był poniósł w stronę pól, nieustraszona aeronautka byłaby się spuściła na ziemię bez wypadku. Na nieszczęście balon spadł na Paryż i uderzył o dach domu na ulicy Prowanckiej. Łódka zsuwając się po pochyłości dachu, napotkała na hak żelazny. W skutek tego zatrzymała się nagle, a wstrząśnięcie jakie ztąd powstało, wyrzuciło aeronautk z łódki. Spadła i roztrzaskała sobie mózg na bruku.

Okropne przejścia towarzyszyły wszystkim podróżom hrabiego Zambeccari, Bolończyka. Zambeccari używał lampy spirytusowej do rozgrzewania powietrza w swoim balonie. Podczas pierwszej jego podróży,

ta lampa stłukła się, a Zambeccari, wznosząc się w powietrze, został ogarnięty płomieniami. Zambeccari zdołał szczęśliwie ogień ugasić i spuścił się na ziemię żywy, ale okropnie poparzony.

W r. 1804, balon jego spadł w morze Adryatyckie. Zambeccari wraz z swoim towarzyszem podróży, płynął na szczątkach swego balonu w śród ciemnej nocy i bałwanów, które go nieraz zalewały zupełnie. Nareszcie, po długich godzinach śmiertelnej trwogi, napotkali na okręt, który ich przyjął na pokład, gdzie im dano wszelki możebny ratunek.

Zambeccari zginął w r. 1812, w Bolonii, w powietrzu, na balonie który znów się był zajął od lampy spirytusowej.

Harris, Sadler, Olivari, Mosment, Emil Deschamps, Jerzy Gale, również marnie zginęli wśród powietrznej żeglugi; trzeba jednak zważyć, że brak doświadczenia i lekkomyślność arenoautów były głównemi przyczynam tych nieszczęść. Zresztą do tej pory więcej niż dziesięć tysięcy balonów z pewnością wzniosło się w powietrze, a na tak znaczną ich liczbę zaledwie kilkanaście—a chociażby kilkadziesiąt—było wypadków nieszczęśliwych.

Niezwykłą ciekawość obudziło między innemi wzniesienie się w powietrze balonu nazwanego «Olbrzymem» *(le Géant)* pod kierunkiem Nadara, z pola Marsowego w Paryżu.

Dnia 18 października 1863, o godzinie piątej wieczorem, olbrzymi ten rzeczywiście balon, z dziewięciu podróżnikami, wzniósł się majestatycznie w powietrze, wśród oklasków zgromadzonego tłumu. Posuwając się w kierunku północno-wschodnim, przepłynął on ponad Belgią, zdążając wprost ku morzu północnemu; ale nazajutrz zrana nowy prąd powietrzny uniósł go ku Hanowerowi, gdzie aeronauci postanowili spuścić się na ziemię. Gwałtowny wiatr, który pędził balon z szybkością sześćdziesięciu mil (francuzkich) na godzinę, sprawił, że zarzucona kotwica nie mogła wstrzymać ogromnej maszyny, i «Olbrzym» począł wyprawiać straszliwe podskoki, potrącając się o pagórki, orząc po ziemi, gruchocząc wszystko co napotkał na drodze. Gdy go nareszcie powstrzymała gęstwina drzew, podróżni zostali wyrzuceni na ziemię, potłuczeni i poranieni. Stało się to pod Nienburgiem, w królestwie Hanowerskiem, gdzie aeronauci doznali jak najlepszego i jak najsympatyczniejszego przyjęcia.

«Olbrzym» odbył potem jeszcze kilka podróży, to więcej, to mniej szczęśliwych. Żywot tego napowietrznego kolosu wypełniły w równej mierze tryumfy i klęski.

* *
*

W dwadzieścia dopiero lat po wynalazku Montgolfier'a, w r. 1803, zaczęto używać balonów jako środka do spostrzeżeń naukowych. Pierwsza podróż w celach naukowych przedsięwziętą została w Hamburgu, 18 lipca 1803, przez fizyka flamandzkiego nazwiskiem Robertson, przy pomocy ziomka jego L'Hoest'a. Wzniósłszy się do znacznej wysokości, dokonali oni rozmaitych spostrzeżeń fizycznych.

We Francyi Biot i Gay-Lussac odbyli w r. 1804 podróż balonem, która wielu ważnych spostrzeżeń dostarczyła nauce. Gay-Lussac, w drugiej swojej podróży, którą odbył sam, wzniósł się do wysokości aż 7016 metrów nad poziom morza. Na tych wyżynach barometr z 0, 76 które wskazywał na ziemi, spadł do 0, 32. Termometr, który na ziemi wskazywał 27°, w balonie wzniesionym do tej wysokości wskazywał 9° niżej zera. Susza panowała tam nadzwyczajna: papier skręcał się jak przy ogniu; oddech i obieg krwi obserwatora były przyśpieszone, w skutek wielkiego rozrzedzenia powietrza.

W r. 1830, pp. Barral i Bixio odbyli balonem podróż naukową, która atoli niewielkie przyniosła rezultaty.

W r. 1862 i 1863 Glaisher, naczelnik biura meteorologicznego w Greenwich, wznosząc się pokilkaroć balonem, osiągnął ciekawe rezultaty, tyczące się meteorologi i fizyki kuli ziemskiej.

W r. 1874, w maju, pp. Croce Spinelli i Sivel odbyli bardzo ciekawą pod względem naukowym podróż balonem. Wznieśli się do wysokości 7800 metrów w powietrze i poczynili ważne spostrzeżenia nad składem atmosfery.

W roku atoli następnym padli obaj ofiarą swej gorliwości i chęci służenia nauce. Wzniósłszy się do wysokości około 9000 metrów, ponieśli śmierć na tej wyżynie, w skutek zbytniego rozrzedzenia powietrza. Żywo dostał się z powrotem na ziemię tylko trzeci ich towarzysz, Gaston Tissandier, fizycznie z nich najsłabszy, który też zdał sprawę z tej niezwykłej napowietrznej podróży, choć częściowo tylko, gdyż i on przez dość długi czas pozbawiony był przytomności.

* *
*

Tutaj będzie stosowne miejsce na objaśnienie zjawiska wznoszenia się balonów.

Ciało rzucone w powietrze, ulega działaniu dwóch sił przeciwnych: z jednej strony siły ciężkości, która usiłuje je obniżyć, z drugiej siły prą-

du powietrznego w kierunku przeciwnym, która usiłuje je podnieść w górę. Ten pęd z dołu do góry, równa się ciężarowi powietrza wypchniętego przez ciało. Jeśli więc ciało zawieszone w powietrzu waży mniej niż wypchnięte przezeń powietrze, pęd powietrzny przeważa nad ciężarem ciała, które w skutek tego wznosi się w górę. Balon braci Montgolfier'ów napełniony był powietrzem ogrzanem; że zaś powietrze ogrzane mniej waży od powietrza zimnego (gdyż jest powietrzem rozrzedzonem, które pod tą samą objętością, zawiera mniej materyi), więc zdarzało się, że powietrze ogrzane w balonie, wraz z ciężarem przyrządu, lżejszem jeszcze było od tejże samej objętości powietrza zewnętrznego, i balon wznosić się musiał. Ale w miarę wznoszenia się w górę, powietrze atmosferyczne staje się coraz rzadszem, balon więc musi się zatrzymać i pozostać w równowadze, gdy napotka na warstwę powietrza taką, że objętość tegoż przezeń wypchnięta, tyle co i on waży.

Objaśnienie to wznoszenia się balonów napełnionych powietrzem ogrzanem czyli montgolfierek, tłómaczy zarazem przyczynę wznoszenia się balonów wypełnionych gazem wodorowym. Balon wypełniony gazem wodorowym, wypycha równą sobie objętość powietrza atmosferycznego: ale ponieważ gaz wodorowy jest daleko lżejszy od powietrza, więc pchany jest z dołu do góry siłą równającą się różnicy, zachodzącej między gęstością powietrza a gęstością gazu wodorowego. Balon więc musi się wznosić w atmosferę, aż dopóki nie napotka warstw, posiadających gęstość zupełnie równą jego własnej gęstości, a dotarłszy do nich, musi pozostać w równowadze. Chcąc żeby balon się obniżył, trzeba część gazu wodorowego który go wypełnia, zastąpić powietrzem atmosferycznem, a chcąc żeby mógł spuścić się aż na ziemię, trzeba żeby gaz wodorowy został zupełnie zeń usunięty, a zastąpiony całkowicie powietrzem atmosferycznem.

Najczęściej, przy wznoszeniu się balonów, mianowicie po wielkich miastach, poprzestają na wypełnieniu balonu gazem oświetlającym, to jest dwu-węglowodorem, pochodzącym z rozkładu węgla kamiennego, który jest blisko dwa razy lżejszym od powietrza. W takim razie potrzeba tylko koniec rury prowadzącej gaz z fabryki, wpuścić do dolnego otworu balonu. Zbyt mała atoli różnica, zachodząca między gęstością powietrza a gęstością gazu oświetlającego, zmusza do użycia balonów znacznej objętości, kiedy takowe mają dzwigać ludzi albo jakieś cięższe przedmioty.

Rozmiary balonów mogą być niezmiernie zmniejszone, gdy się balon

napełnia gazem wodorowym czystym, którego gęstość jest czternaście razy mniejsza niż powietrza.

Gaz wodorowy, przeznaczony do wypełnienia balonu przyrządza się bardzo łatwo, zapomocą chemicznego działania wody i kwasu siarkowego na opiłki cynku lub żelaza. Opiłki te umieszcza się w beczkach, które zapomocą rurek pozostają w kommunikacyi z rurą środkową, otwartą u dołu i zanurzoną w kadzi napełnionej wodą. Jednocześnie z tworzeniem się gazu wodorowego zapomocą działania wody i kwasu siarkowego na cynk albo żelazo, tworzy się także gaz siarkowy; jestto ten sam gaz niezdatny do oddychania i drażniący, który wytwarza się ze spalenia siarki w powietrzu,



Fig. 179.

i który powstaje gdy się zapali zapałkę. Gaz wodorowy tak zanieczyszczony tym szkodliwym produktem, pozbywa się go przechodząc przez kadź napełnioną wodą, to jest przez beczkę środkową, gdzie oczyszcza się zupełnie; kwas siarkowy pozostaje roztworzony w wodzie. Tak oczyszczony gaz przechodzi do balonu przez rurę długą, płócienną, jednym końcem tkwiącą w beczce środkowej a drugim w balonie.

Figura 179 przedstawia wszystkie szczegóły napełniania balonu gazem wodorowym czystym, wytworzonym zapomocą kwasu siarkowego i powietrza.

Balon napełnia się zawsze tylko do trzech czwartych mniej więcej swojej pojemności. Jakoż, w miarę jak balon będzie się wznosił w górę,

będzie się znajdował w coraz mniej gęstych warstwach powietrza, które też coraz mniej na niego cisnąć będą: w skutku tego gaz wewnętrzny, rozszerzając się w stosunku do zmniejszania się ciśnienia, wydmie zwolna balon, tak, iż gdyby tenże w chwili wznoszenia się napełniony był całkowicie, rozszerzający się gaz rozsadziłby powłokę.

Zbyteczną prawie byłoby rzeczą wykazywać ogromną wyższość balonów wypełnianych gazem wodorowym, nad balonami wypełnionemi powietrzem ogrzanem. W tych ostatnich, znaczna ilość materyału opałowego, którą trzeba było brać ze sobą, mała różnica zachodząca między gęstością powietrza ogrzanego a zimnego, potrzeba ciągłego podsycania ognia i czuwania nad nim w koszu zawieszonym u dolnej części balonu, stanowiły prawie nieprzełamane przeszkody i niebezpieczeństwa. To też powietrza ogrzanego używa się jedynie do balonów wypuszczanych na stracone, to jest do montgolfierek. Do balonów któremi mają się puszczać ludzie, należy używać gazu oświetlającego lub gazu wodorowego czystego.

Łódka mieszcząca podróżników zawieszona jest u spodu balonu w sieci ze sznurów, która okrywa całą kulę balonową. Klapa pomysłu fizyka Charles, umieszczona jest w górnej części balonu, i aeronauta może nią kierować jak chce, zapomocą długiego sznura. Gdy otworzy klapę, część gazu ulatnia się; a ponieważ w miejsce tego gazu wchodzi taka sama objętość powietrza, więc ciężar przyrządu się powiększa, a balon może w ten sposób spuszczać się zwolna i stopniowo. Ale jeżeli balon spuszczając się, skieruje się ku budynkowi, ku lasowi, ku rzece, i gdy zagraża jakie niebezpieczeństwo aeronaucie lub całości jego przyrządu, jakże uniknąć tego niebezpieczeństwa? Jest na to sposób bardzo prosty, wskazany jeszcze przez Charles'a. Przed wyruszeniem w podróż, aeronauta umieszcza w łódce swojej worki napełnione piaskiem; w przypadku o którym mówimy, wypróżnia jeden z tych worków; balon staje się o tyle lżejszym, jego siła wznoszenia się wzmaga się, dźwiga się w górę, i może aeronautę donieść na miejsce, w którem mu dogodniej będzie wysiąść na ziemię. Rozumie się oczywiście, ze w ten sam sposób można zmniejszyć i zwolnić spadanie balonu.

Spadochronem nazywa się przyrząd ubezpieczający spuszczanie się z balonu. Gdy z jakiejkolwiek przyczyny, balon nie przedstawia już pożądanego bezpieczeństwa, aeronauta, przesiadłszy się do łódki spadochronu i przerznąwszy linę na której spadochron przytwierdzony jest do balonu, może powierzyć się powietrzu i dostać się na ziemię bez przypadku. Co prawda, przyrząd ten nie był jeszcze ani razu użyty jak środek ratunku w napowietrznej podróży; posługiwał on tylko aeronautom z professyi

do zadziwiania publiczności niezwykłym widokiem człowieka odważnie rzucającego się w przestwór z ogromnych wyżyn powietrznych.

Spadochron, który przedstawia fig. 180, jest to rodzaj wielkiego parasola, mającego pięć metrów promienia, utworzonego z trzydziestu sześciu wycinków kitajki zeszytych ze sobą i złączonych u góry dokoła kółka drewnianego. Kilkanaście sznurów, idących od obwodu parasola, utrzymuje łódkę, przeznaczoną na pomieszczenie aeronauty. W samym



Fig. 180.

szczycie znajduje się otwór, który sprawia że powietrze, zgęszczone szybkością spadania, może uchodzić, nie udzielając przyrządowi wstrząśnień niebezpiecznych.

Spadochron miarkuje szybkość spadania szeroką powierzchnią którą przedstawia oporowi powietrza.

Spadochron dzisiejszy jest tym samym przyrządem, którego Jakób Garnerin, aeronauta francuzki, pierwszy użyć się ośmielił. Dnia 22 października, w obecności tłumu zdziwionego jego odwagą, Jakób Gar-

nerin ośmielił się pod opieką spadochronu, rzucić się z wysokości tysiąca metrów. Widok ten powtarzały później, w oczach zdumionych widzów, synowica jego, Elżbieta Garnerin, pani Blanchard, a za naszych czasów Godard i Poitevin.

Pierwszą myśl spadochronu powziął i prawdziwym jego wynalazcą był profesor fizyki w Montpellier, Sebastyan Lenormand, który odbył z nim próbę publiczną, skoczywszy 26 listopada 1783 r., zaopatrzony w ogromny parasol, to jest w spadochron, z wierzchołka wieży obserwatoryum w Montpellier. Do śmiałej tej próby zachęciło może Sebastyana Lenormand zdarzenie, które się trafiło w Nimwedze (Nimes). Córka pewnego pasztetnika, mająca lat osiemnaście, była tyle nieostrożną, że zawieszała firanki w oknie, które zostawiła otwarte. Drabinka na której stała pośliznęła się, i biedna dziewczyna spadła z drugiego piętra na podworzec. Szczęściem dla niej, był właśnie wtedy silny wiatr północny, który wdzierał się bramą w podwórze. Wiatr ten wydął ubranie dziewczęcia w kształt parasola, tak, że skończyło się na potłuczeniu. Co jednak było najdziwniejszem w tym całym wypadku, to to, że dziewczę było głuche i że odzyskało słuch w skutek wzruszenia, jakiego doznało przy spadnięciu.

Najważniejszem i dotąd nierozstrzygniętem jest pytanie, czy można balonem kierować dowolnie w powietrzu. Wprawdzie geometrzy i fizycy dowodzą, iż zapomocą znanych dotąd motorów niepodobieństwem jest nadawać kierunek balonom. gdyż niema motora tak silnego, aby zdołał pokonać siłę wiatrów i prądów powietrznych, a zarazem tak lekkiego, aby go można było dźwignąć w powietrze w balonie; — mimo tego jednakże próby w tym kierunku powtarzają się ciągle, choć przyznać trzeba, że dotąd bynajmniej pożądanego nie osiągnęły rezultatu.

XXIV.

Studnie artezyjskie.

Część historyczna. — Studnie artezyjskie w Europie. — Uwagi ogólne nad studniami artezyjskiemi. — Studnia Grenelska. — Studnia w Passy.

Studniami artezyjskiemi nazywamy otwory pionowe wydrążone w ziemi, zapomocą których wody mieszczące się w pewnej głębokości występują na powierzchnią ziemi i wytryskają do znacznej niekiedy wysokości.

Użycie świdra studniarskiego w celu wyszukiwania wód artezyjskich sięga najdawniejszych czasów. Syrya, Egipt, te oazy starożytnego łańcucha gór Libijskich, posiadają pewną liczbę studzien utworzonych tym sposobem. Olimpiodor, który żył w Aleksandryi, w Egipcie, w wieku VI, powiada że na oazach istnieją studnie mające 300 do 500 łokci (48 do 80 metrów) głębokości, które wyrzucają strumienie wody na powierzchnią ziemi.

Od niepamiętnych także czasów kopią studnie tryskające Chińczycy, ten dziwny naród, który w tajemnicy i ciszy swego odosobnienia, tak znakomity bierze udział we wszystkich wielkich wynalazkach, jakich umysł ludzki dokonał. W samej prowincyi Outang-Kiao, na przestrzeni dziesięciu mil (francuzkich) długości a czterech szerokości, liczono przeszło dziesięć tysięcy studzien, których głębokość sięgać mogła czasami tysiąca metrów.

Do kopania tak głębokich studzien, Chińczycy używają pewnego przyrządu perkussyjnego, którego całe urządzenie nie jest dokładnie znane. Wiadomo tylko, że główną jego część stanowi cylinder żłobkowany

z lanego żelaza, ważący od dwóch do sześciu centnarów, zawieszony na sznurze uwiązanym u drzewa pochylonego, utkwionego w ziemi jednym końcem, a mającego drugi koniec wolny. Cylinder ten zowie się *baranem*. Ludzie dźwigają go w górę i spuszczają w głąb studni niby tłuczek w moździerzu, naginając drzewo u którego jest uwieszony, a potem dozwalając mu wyprostować się siłą własnej elastyczności. W skutek takiego uderzania w dno studni *baranem*, wykopywanie jej ma się bardzo prędko dokonywać.

W Europie, od początku peryodu nowożytnego, widzimy studnie artezyjskie bardzo upowszechnione we Włoszech północnych. Herb miasta Modeny stanowią dwa świdry studniarskie, z tą legendą: *Avia pervia*. Najstarszą książką, w której napotykamy pewne dane o użyciu świdra do wiercenia studzien, jest dzieło Bernarda Ramazzini'ego, professora liceum lekarskiego w Modenie, w r. 1691.

Dominik Cassini, wezwany z Włoch do Francyi przez Ludwika XIV, usiłował upowszechnić tam sposoby, których w ojczyznie swojej używał do wiercenia studzien. Studnie atoli starożytne, wiercone, w Artois istniejące po dziś dzień, świadczą, że użycie świdra oddawna znane było we Francyi.

Pierwsza studnia artezyjska, wykopana była za czasów Ludwika Grubego, w r. 1126, w klasztorze Kartuzów w Lillers, w dzisiejszym departamencie Pas-de-Calais. Studnia ta, po dziś dzień dostarczająca wody, bardzo mało kosztuje gminę, która potrzebuje tylko co dwadzieścia pięć lat dać w niej nową drewnianą cembrzynę.

Bernard Palissy, znakomity autor książki «*Rustiques figulines*», o którego pracach i nieszczęśliwym losie mówiliśmy w rozdziale traktującym o garncarstwie, opisuje wymyślony przez siebie przyrząd, bardzo podobny do dzisiejszego świdra, a raczej będący jego zawiązkiem i pierwowzorem.

«W wielu miejscach, — mówi Bernard Palissy — kamienie są bardzo miękkie, mianowicie dopóki jeszcze zostają w ziemi; dla tego zdaje mi się że świder *(une torsière)* przebiłby je łatwo, a potem możnaby wbić drugi świder, i tym sposobem możnaby się dobrać do pokładu marglowego, a wreszcie do wód, dla uczynienia studzien, które częstokroć mogłyby się wznosić wyżej aniżeli leży miejsce, w którem na nie ostrze świdra natrafiło, co mogłoby stać się w skutek tego, że wody te przypływają z miejsca wyższego aniżeli dno otworu, który uczynisz.»

Pierwszą artezyjską studnią w Paryżu miała być ta, którą wykopono w Szpitalu «Des enfants-rouges», założonym przez księżnę d'Alençon, siostrę Franciszka I-go.

Począwszy już od pierwszej ćwierci wieku XIX liczba studzien artezyjskich wzrosła znacznie we wszystkich niemal krajach europejskich; wiele przyczyniło się do tego francuzkie «Towarzystwo zachęty przemysłu narodowego», które w r. 1818 zwróciło uwagę na ten system, ogłaszając nagrody za obmyślenie i wykonanie najlepszych narzędzi do kopania studzien artezyjskich.

* * *

Wody artezyjskie krążą w ogólności w pokładzie ziemi przepuszczalnym, zawartym między dwoma pokładami nieprzepuszczalnemi. Pokład przepuszczalny bywa piasczystym, utworzonym z tufu wapiennego, czyli z wapienia pokruszonego, albo nawet z twardej skały, ale przedstawiającej głębokie rozpadliny. Pokłady nieprzepuszczalne stanowią: glina, granit, margiel, kreda, lub jaka bądź skała bez rozpadlin.

Niech będzie pokład przepuszczalny *abecd* (fig. 181), zawarty mię-



Fig. 181.

dzy dwoma pokładami nieprzepuszczalnemi; będzie on pochłaniał bezustannie wody deszczowe z otaczających ją miejsc *a*, *d*, i napełni się temi wodami, które zostaną w nim zamknięte przez dwa pokłady nieprzepuszczalne. Jeżeli przebijemy wszystkie pokłady znajdujące się ponad tym, który w sobie zawiera wodę, woda ta wytryśnie wywierconym otworem i wzniesie się w górę, w skutek dążności, jaką posiadają płyny, układania się do równowagi, czyli do jednego poziomu, w naczyniach spółkujących.

Naczynie spółkujące przedstawia tu krzywa linia pokładów wododajnych *abecd*. Otwór, który sięga aż do spodu tego pokładu, tworzy w naczyniu spółkującem nową odnogę, w której woda podnosi się, żeby dosięgnąć poziomu dwóch innych odnóg *ae*, *ed*.

Kotlina tak dokładnie zamknięta zewsząd i półkolista, jaką tutaj na figurze widzimy, rzadko się zdarza w naturze. Kotlina, kształtu mniej

więcej nieregularnego, często bywa poprzerywana, poprzecinana nieregularnością gruntu, tak że część wody podziemnej uchodzi szczelinami pobocznemi. Ztąd pochodzi, że woda nie może się wznieść do tej samej zupełnie wysokości z jakiej wypływa, albo do wysokości jaką zajmuje w naczyniu naturalnem, w którem się mieści. Tarcie jakiego woda doznaje nim się dostanie do wywierconego otworu. zmiejsza również wysokość kolumny tryskającej. Jakoż wody te przepływają przez kanały nieregularne i zawalone zwirem, piaskiem, gliną i t. p., które jej wielki stawiają opór.

«Chcą znaleźć wody tryskające, — mówi Degousée, — trzeba szukać dolin mniej więcej zewsząd otoczonych wyniosłemi wzgórzami, ku którym pokłady geologiczne doliny wznoszą się częstokroć w taki sposób, że przedstawiają swój przekrój. Z takiego układu wynika, że wody zewnętrzne, wsiąkając w pokłady przepuszczalne, gromadzą się w znacznych ilościach i opierają się o wzgórza otaczające, a stosując się, wraz z temi pokładami, do pochyleń spodu, tem skłonniejszemi się okazują do wznoszenia się w wywierconych otworach i utworzenia studzien artezyjskich, im punkta wsiąkania są wyżej położone, a punkta uchodzenia bardziej oddalone.»

Jedną z najznakomitszych, za nowszych czasów wykonanych studzien artezyjskich, jest studnia zwana Grenelską, która niegdyś znajdowała się u bram, a dziś znajduje się wewnątrz Paryża. Wody zasilające to piękne źródło wytryskujące, wypływają z pokładu obejmującego przestrzeń kraju wynoszącą około mil sześćdziesięciu, a idącego od Langres, mniej więcej w kierunku na Bar-sur-Seine, Lusigny, Troys, Nogent-sur-Seine, Provins. W Langres mianowicie gromadzi się gruby pokład piasku zielonego, przepuszczalnego, który zniżając się, zachodzi pod Paryż i obejmuje znaczną przestrzeń wody. Poniżej tych zwirów, pod Paryżem, rozciągają się nieprzepuszczalne pokłady kredy i gliny, które w Szampanii gromadzą się w wysokości większej jeszcze niż ta na której leży Paryż. Wyżyny w Langres mają położenie wybornie nadające się do zbierania wód, mających wytryskać w jakiejkolwiek odległości, dla których stanowią one punkt wyjścia, gdyż wysokość ich ponad poziomem morza wynosi 473 metrów, podczas gdy Paryż leży zaledwie na wysokości 60 metrów.

Arago obliczył sposobem przybliżonym, że w Paryżu grubość pokładów, które przebić trzeba aby się dostać do wododajnego pokładu wyżyny langrskiej, który podchodzi pod Paryż, wynosi 460 metrów. Na podstawie tych danych, inżynier Mulot rozpoczął w r. 1833 kopanie studni Grenelskiej.

Kopanie odbywało się zapomocą zwykłych przyrządów studniarskich, poruszanych kieratem obracanym siłą koni. W r. 1835 wykopano 400 metrów w głąb, zapomocą pracy bardzo regularnej. Ale roku tego jeden z czerpaków, składający się z niezmiernie ciężkiego cylindra, wpadł w głąb studni, i nie można go było wydobyć z niej inaczej, jak kawałkami. Praca ta, dokonywana nożycami i pilnikiem, w takiej głębi, zabrała czternaście miesięcy. Dnia 26 lutego 1841 r., gdy dokopano się 548 metrów w głąb, wydobyła się nareszcie na wierzch znaczna ilość wody.

Przez rok blisko studnia Grenelska wyrzucała znaczną ilość zwiru, pochodzącego z osuwania się jej ścian. Nareszcie zboczyła od swego kierunku prostopadłego, a mimo tego, w ciągu dwudziestu czterech godzin wyrzucała 4,500,000 litrów wody czystej, której temperatura dochodziła do 27°.

Wytrysk tej wody dochodzi dzisiaj do trzydziestu metrów wysokości po nad ziemią. W punkcie gdzie źródło wydobywa się na wierzch, postawiono piękną kolumnę z lanego żelaza, z której szczytu zlewa się ogromna massa wody, wytryskująca z głębi ziemi.

Héricart Thury, w sprawozdaniu swojem odczytanem w dniu 8 kwietnia 1840 r., zapowiedział liczbę i naturę pokładów, które przebić będzie trzeba, i w jakiej głębokości powinna się znaleźć woda. Powiedział: woda wytryśnie w głębokości około 560 metrów, a ona ukazała się w głębokości około 548 metrów; będzie dostarczała 4,000 litrów na minutę, — i dostarcza 4,000 metrów na minutę; — będzie miała temperaturę 30°, będzie słodka, będzie doskonale rozpuszczać mydło i nadawać się będzie do wszelakiego domowego użytku. Wszystkie te przepowiednie nauki ziściły się zupełnie.

Studnia, którą otwarto w starych łomach kamiennych w Passy, pod Paryżem, przedstawia olbrzymie proporcye. Znakomita ta praca rozpoczęta została w r. 1855, przez p. Kind, inżyniera saskiego.

W Passy innej użyto metody niż w Grenelle. W Grenelle przyrząd do wiercenia użyty był rodzajem ogromnego korkociągu, zawieszonego na prętach żelaznych. W Passy do wiercenia ziemi używano trepanu (figura 182), uzbrojonego w siedem zębów ze stali lanej i ważącego 1,800 kilogramów. Trepan zawieszony był na belkach drewnianych, mających po dziesięć metrów długości, ześrubowanych jedna z drugą. Belki te wraz z trepanem zawieszone były na jednym z końców wahacza, którego drugi koniec prętem żelaznym połączony był z tłokiem maszyny parowej. W danej chwili, przez wyjęcie zasuwy D, trepan oddzielał się od belek,

a spadając, ogromnym swoim ciężarem głęboko wybijał się ziemię. Wtedy trzon spuszczał się w studnię i chwytał napowrót „trepan i dźwigał go go w górę na płaskiej linie, okręconej na walcu poruszanym maszyną parową. Rumowisko wydobywano ze studni, w miarę jak przyrząd wko-

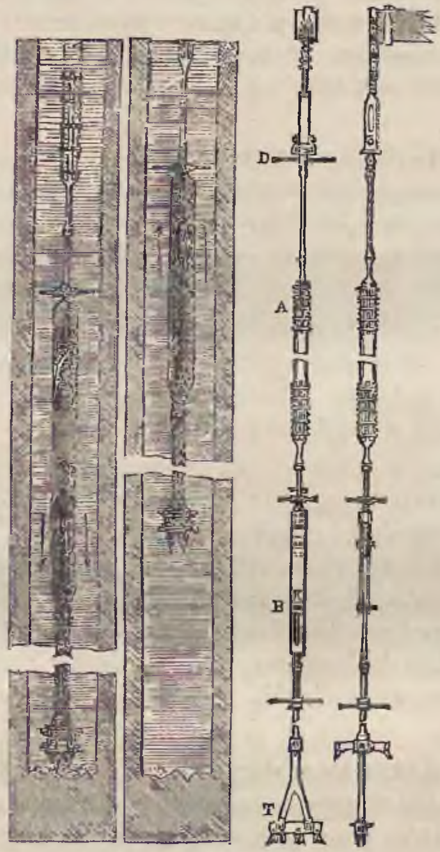


Fig. 182.

pywał się w ziemię. Przez sześć godzin wybijano otwór, a przez drugie sześć godzin wydobywano rumowisko.

Do wydobywania tego używano naczynia walcowatego z blachy żelaznej, które spuszczano na dno studni po wyciągnięciu trepana. Dno naczynia stanowiły dwie klapy otwierające się z zewnątrz ku wnętrzu. Przez uderzenie, naczynia o dno studni, materye błotniste lub kamieniste

dostawały się do jego wnętrza, otwierając klapy, które zamykały się następnie pod ciężarem tychże samych materyj.

Fig. 183 przedstawia w ruchu rozmaite czynności, któreśmy opisali.

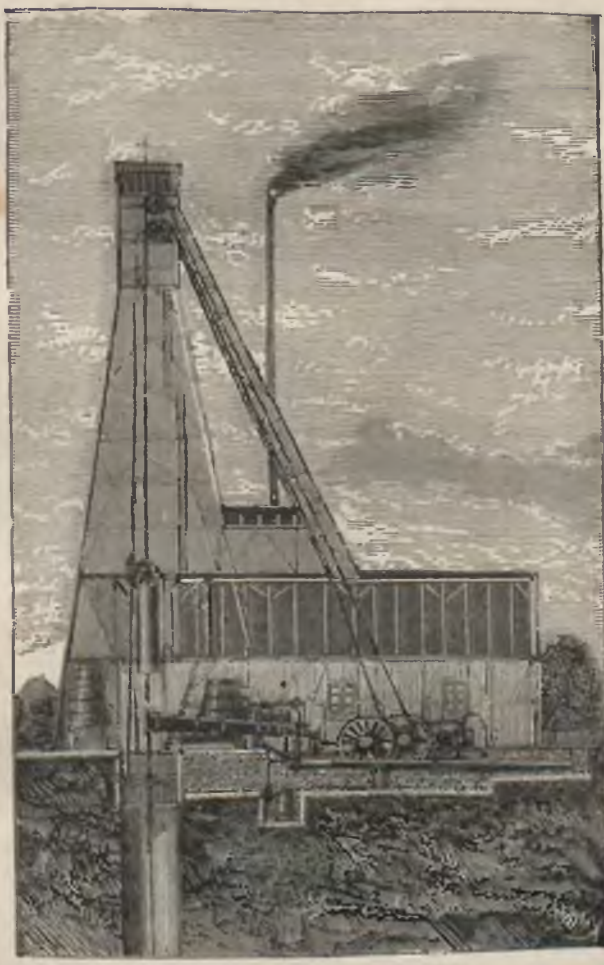


Fig. 183.

Wypadek, który się zdarzył w r. 1857, opóźnił postęp robót o dwa lata. Po rozpoczęciu kopania na nowo w r. 1859, napotkano wodę w głębokości 576 metrów, która jednak nie chciała się wznieść do wierzchu otworu studni; poczęto więc kopać dalej z nową gorliwością, i 24 wrze-

śnia 1861 r. istna rzeka trysnęła z głębi ziemi. Ilość wody wyrzucanej doszła wkrótce do 20,000 metrów sześciennych w przeciągu dwudziestu czterech godzin. Wytryskująca woda miała 28° termometru stustopniowego.

Ilość wody dostarczanej przez studnią w Passy z czasem zmniejszyła się znacznie. Dzisiaj wynosi ona tylko 8,000 metrów sześciennych na dwadzieścia cztery godzin. Wody jej połączono z wodami zbiornika w Chaillot.

Jak się tego spodziewać należało, ilość wody dostarczanej przez studnią w Grenelle, ucierpiała na otwarciu studni w Passy. Z 900 metrów sześciennych, których dawniej dostarczała studnia w Grenelle, ilość dostarczanej przez nią wody w ciągu dwudziestu czterech godzin spadła do 777 metrów, i nadal pozostała już w tej mierze.

XXV.

Mosty wiszące.

Część historyczna. — Konstrukcya mostów wiszących. — Liny. — Pomost. — Przyczółki. — Próba mostu wiszącego. — Najcelniejsze mosty wiszące.

Mosty wiszące składają się z lin albo łańcuchów żelaznych przeciągniętych z jednego brzegu rzeki lub strumienia na drugi i dźwigających zawieszony na nich pomost, udzielający przejścia pieszym przechodniom i wozom.

Zaletami tych mostów są: położenie ich niezależne od koryta rzek i rwących potoków, ponad któremi niepodobna byłoby zbudować filarów kamiennych; łatwość, szybkość i taniość budowy; nareszcie śmiałość jej, lekkość i wytworność. Podczas gdy w mostach zwyczajnych szerokość arkad nigdy nie przechodzi 60 metrów, jeśli sklepienie jest kamienne, 73 metry kiedy jest żelazne, a 119 metrów, gdy się nań używa samego tylko drzewa (są to cyfry, stanowiące maksymum do jakiego dojść można, ale do którego nigdy się prawie nie dochodzi), szerokość arkad mostów wiszących może sięgać 500 metrów. Przeskakują one najgłębsze doliny i łączą z sobą najstromsze wierzchołki. Tem mocniejsze i bezpieczniejsze im dłuższe, mosty te wdziękiem i lekkością swoich linij stanowią architektoniczną ozdobę przepaści.

Zaszczyt budowy pierwszych mostów wiszących należy się Azyi. Podróżnik Turner, w opisie poselstwa swego do Tybetu, mówi o moście nazwanym *Chonka-Chazum*, złożonym z pomostu bambusowego, zawieszonego u pięciu łańcuchów żelaznych. Długość tego mostu wynosiła 146 metrów.

«Historya powszechna podróży» mówi o istnieniu dwóch jeszcze podobnych mostów w Chinach. Mosty te, które pisarze chińscy malowniczo nazwali *mostami latającemi*, częstokroć są tak wysoko wzniesione, że nie podobna ich przebywać bez trwogi. Jeden most tego rodzaju, istniejący jeszcze w prowincyi Shenise, łączy ze sobą dwie góry, i ma 133 metrów długości nad próżnią. Odległość od powierzchni wody w głębi przepaści do pomostu, wynosi 166 metrow. Mosty te latające są po większej części tak szerokie, że czterech ludzi jadących konno obok siebie pomieścić mogą; mocne i wytworne balustrady po obu stronach zapewniają zupełne bezpieczeństwo podróżnikom. Być bardzo może, iż misyonarze chrześciańscy, udający się do Chin na początku naszego wieku, widzieli te mosty, i że wskazówki udzielone przez nich inżynierom europejskim, dały pochop do zaprowadzenia mostów takich i w Europie.

W Ameryce południowej już oddawna mosty wiszące łączą ze sobą wysokie szczyty Andów i Kordylierów. Humboldt w r. 1812 przebywał rzeką Szambo po moście wiszącym 40 metrów długim. W okolicach tych gdzie żelazo jest rzadkiem, liny robią z lianów a sznury z włókna agawy amerykańskiej.

W Europie samej, w zbiorze maszyn wydanym w Wenecyi w r. 1617, znajdują się dwie tablice, przedstawiające mosty wiszące, jeden z łańcuchów żelaznych, drugi z lin.

W r. 1741 zbudowano most wiszący na rzece Lees, w Anglii, między hrabstwami Durham i York. Mały pomost, dwie stopy szeroki, dla pieszych, wisi tam na dwóch łańcuchach. Długi na 70 metrów, zaopatrzony jest tylko z jednej strony w poręcz, a zwieszając się na 60 stóp wysoko ponad strumieniem, kołysze się silnie.

Pierwszy most wiszący według nowego systemu zbudowany był w Ameryce, przez p. Findlen.

Za Ameryką poszła Anglia, a za nią Francya, gdzie pierwszy most tego rodzaju zbudowali w r. 1820 bracia Seguin, siostrzeńcy Montgolfierów, wynalazców balonów, a to w miasteczku Annonay, poczem daleko większy rzucili nad Rodanem, między Tain i Tournon.

* * *

Liny służące do do dźwigania pomostu przeciągają się z jednego na drugi brzeg rzeki lub wklęsłości o której przebycie chodzi. Liny te składają się z drutów żelaznych jednakiej długości, nie skręconych, tylko złożonych ze sobą równolegle i powiązanych w pewnych odstępach zapomocą drutów odhartowanych, zwanych *wiązadłami*.

Liny muszą mieć grubość taką, aby mogły bez zerwania się udźwignąć ciężary, jakie przez most przeprawiać się mogą. Wszystkie druty muszą być równo wytężone; gdyby bowiem niektóre z nich tylko były wystawione na dźwiganie całego ciężaru, mogłyby się pozrywać i zapadnięcie się mostu spowodować. Druty te trzeba wygotować w mięszaninie oliwy i glejty ołowianej, a gdy zostaną połączone w linę, pokryć je kilku warstwami farby olejnej, w celu zabezpieczenia ich od utleniania.

Liny z drutów żelaznych wyrabiają się z łatwością i dla tego najczęściej do budowy mostów wiszących bywają używane.

Łańcuchy, których przeznaczenie jest takie samo jak lin, składają się ze sztab żelaznych, kutych, połączonych ze sobą nitami. Odkucie takich sztab powinno być nader staranne, gdyż jedna z nich tylko wadliwie ukuta, może przez zerwanie się pociągnąć za sobą zawalenie się całego mostu. I to stanowi właśnie ujemną stronę łańcuchów. Mimo tego, są one prawie wyłącznie używanemi w Angli, a nawet i we Francyi zaczynają się coraz bardziej upowszechniać w miejscu lin, mianowicie gdy idzie nie o kładkę dla samych pieszych ale o prawdziwy most, którym wozy z ciężarami przejeżdżać mają.

Pomost dzieli się na drogę dla wozów i na dwa chodniki dla pieszych, mieszczące się po obu stronach drogi. Składa się z belek poprzecznych, zawieszonych z obu końców na drągach żelaznych. Belki poprzeczne spojone są zapomocą belek podłużnych, tworzących chodniki. Spojenie belek poprzecznych jest rzeczą nader ważną; celem jego jest uniknięcie falowania, jakie wywołuje przejazd wozów, przez rozdzielenie ciężaru na jaknajwiększą ilość drągów użytych do zawieszenia pomostu.

Podłoga drogi środkowej składa się z grubych forsztów przytwierdzonych do belek poprzecznych, w kierunku prostopadłym do nich, i z desek przybitych do forsztów na poprzek mostu. Podłogę chodników tworzą deski przybite na belkach podłużnych.

Im ukośniejszem jest w stosunku do ziemi wygięcie łańcuchów, tem parcie ciężarów wywierane na łańcuchy jest mniejsze. Dla tego to zwykle punkta oparcia mostów wiszących umieszczają bardzo wysoko, ażeby łańcuchom nadać o ile można największe wygięcie. Punkta oparcia są albo murowane, albo lane z żelaza w kształcie kolumn. Zwykle podpór takich bywa dwie, po jednej na każdym brzegu, a niekiedy dodają trzecią, umieszczoną w środku rzeki, i przybierającą wtedy nazwę filaru. Po za punktami oparcia, umieszczonemi na dwóch brzegach, łańcuchy spuszczają się ku ziemi, gdzie przytwierdzone są do silnych murów, zwanych *przyczółkami*. Dzięki temu dowcipnemu urządzeniu łańcuchów, opór cięża-



Fig. 184. Most wiszacy nad Niagara.

rom wytężającym te łańcuchy, działa w kierunku podpór, to jest: usiłuje nie obalić je, ale zgnieść, co nie jest rzeczą tak łatwą.

Mosty wiszące nigdy nie zostają oddane na użytek publiczny bez poprzedniej próby, podczas której powinny udźwignąć znacznie większy ciężar od tego, jakiby stanowili ludzie tuż obok siebie ustawieni na pomoście. Jakoż zwykle bywa wymagane, aby most wiszący zdołał przez dwadzieścia cztery godzin udźwignąć ciężar 200 kilogr. na metrze kwadratowym swojej powierzchni; gdy tymczasem ludzie tuż obok siebie stojący wywarliby w przecięciu ciśnienie zaledwie 70 kilogr., a najsilniejszy uragan wywarłby ciśnienie tylko 68 kilogramów. Ażeby jednak nie nadwerężać zbytecznie materyałów z których most jest zbudowany, dozwala się zwykle przez pół roku na przechód i przejazd przez most, po odbyciu połowicznej próby, w której pomost na każdym metrze kwadr. obciążony jest tylko 100 kilogramami. Po upływie atoli tego terminu tymczasowego, winna się odbyć próba całkowita.

* *
*

Z pomiędzy celniejszych mostów wiszących europejskich wymienić można mosty pod Fryburgiem, Menay, Cubzac i Rouen.

Most Fryburski, rzucony ponad głęboką doliną, ma jedną tylko arkadę 265 metrów długą, a łańcuchy jego utwierdzone są w skale. Most pod Menay, w Anglii, ma trzy arkady; wznosi on się prawie na 30 metrów nad powierzchnią morza, tak, że statki żaglowe mogą popod nim przepływać. Most pod Cubzac, we Francyi, ma pięć arkad i 500 metrów długości; wspiera się na kolumnach z lanego żelaza, i podobnie jak poprzedzający dozwala pod sobą przepływać okrętom. Most pod Rouen posiada arkadę z lanego żelaza bardzo wysoką i umieszczoną wpośrodku Sekwany; przebywa się ją zapomocą mostu zwodzonego, który podnoszą, gdy okręty przepływać mają. Mury wspierające tę arkadę tak są oddalone od siebie, że pomiędzy niemi przepłynąć może najszerszy z okrętów, jakie tylko zawijają do portu.

Jednym z najpiękniejszych na całym świecie mostów wiszących, jest bezwątpienia most rzucony w r. 1859 na Niagarę, w pewnej odległości od sławnego wodospadu tej wielkiej rzeki. Ten most wiszący (fig. 184) ma dwa piętra: jedno z nich przeznaczone jest dla kolei żelaznej, drugie dla przechodniów i powozów.

XXVI.

Warsztat tkacki Jacquard'a.

Tkanina zwyczajna, naprzykład płótno, składa się z nici krzyżujących się naprzemian jedne z drugiemi. Ażeby krzyżowanie to odbywało się prędko i dokładnie, trzeba, żeby zapomocą pewnego sposobu mechanicznego, nici wyciągnięte na całą długość materyi, zwane *osnową*, rozdzielone były na przemiany, tak, iżby połowa ich, np. parzyste, szły górą, a połowa, t. j. nieparzyste, dołem, aby na poprzek podwójnego rzędu nici *osnowy*, można było przeciągnąć nić drugą, zwaną *wątkiem*.

Taka jest główna zasada warsztatów tkackich, kiedy mają służyć jedynie do wyrobu tkanin gładkich; lecz kiedy idzie o materye w deseń, a szczególniej o materye różnokolorowe, sprawa staje się daleko bardziej zawikłaną. Trzeba nietylko żeby haczyki chwytały w należytym czasie te nici osnowy, które kolorem swoim i położeniem odnoszą się do wzoru, ale jeszcze żeby czółenka zmieniały się same, i żeby oddzielny wątek połączył te wszystkie nici ze sobą, gdy zostaną utkane według deseniu. Przed Jacquardem, materye w deseń wyrabiano w Europie tak, jak je wyrabiają podziś dzień w Indyach. Do każdego warsztatu trzeba było trzech robotników: kierownika, przekładacza osnowy i tkacza.

Robota odbywała się w taki sposób:

Deseń który chciano otrzymać na materyi, rysowano na wielkiej tablicy, podzielonej na mnóstwo małych kwadratów, jak tabliczka Pitagoresa. Linie poziome na tej tablicy, odpowiadały osnowie tkaniny, a linie przecinające je, wątkowi; małe kwadraty przedstawiały punkta utworzone przez krzyżowanie się nici. Znak pewien, umieszczony na tej tablicy, wskazywał, czy należy podnieść czy zniżyć pewne nici osnowy.

Gdy tak wszystko było przygotowane, kierownik stawał przy tablicy i komenderował robotą. Tkacz, siedzący przy warsztacie, miał pod ręką czółenka z przędzą rozmaitych kolorów, mającą utworzyć wątek; przekładacz osnowy stał w pogotowiu do podniesienia lub zniżenia nici osnowy. Wtedy kierownik, postępując od lewej strony do prawej wzdłuż jednego szeregu kwadratów na tablicy, mówił do przekładacza: podnieś nić taką a taką. Gdy wskazana nić została podniesiona, mówił do tkacza:

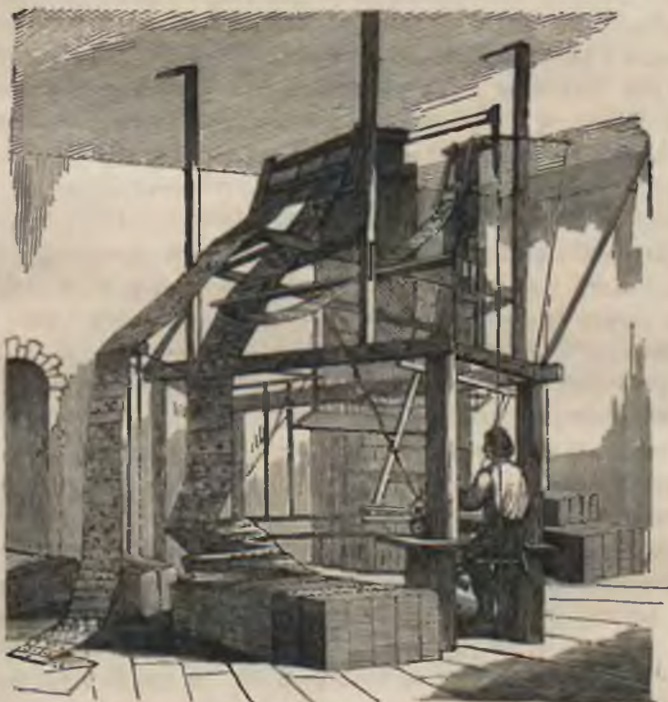


Fig. 185.

przesuń ten kolor, — i tkacz przesuwał czółenko, na które zwiniętą była przędza koloru oznaczonego. W fabryce lyońskiej miejsce kierownika powierzano częstokroć kobiecie; przekładaczem było zawsze dziecko. Smutne zaiste i opłakane było przeznaczenie biednego dziecka, obarczonego tą robotą uciążliwą. Wszedłszy, przed czterdziestą laty, do warsztatu tkanin jedwabnych, spostrzegało się wpośród labiryntu sznurków wszelakiej grubości i nici wszelakich kolorów, oplątane w nieskończoną ilość narzędzi, igieł, haczyków, szydełek, sprężyn i bloków, nieszczęśliwe dzie-

cko, z wybladłemi policzkami, z okiem zapadłem i z wychudłemi członkami. Wpośród tej to klatki utworzonej z narzędzi i nici, otoczonej siecią sznurków, które musiał pokolei podnosić, zniżać, przesuwać lub krzyżować, co go zmuszało do bezustannego wyginania wątłego ciała w postawy nadzwyczaj trudne i przykre, przekładacz pędził nędzny swój żywot.

Jacquard był synem podmajstrzego w fabryce materyj jedwabnych w Lyonie, a matka jego była w fabryce tej kierowniczką deseni. Głębokie wrażenie, jakie na młodocianą duszę Jacquard'a wywierał smutny widok przekładaczy, natchnęło go zapewne żądzą ulepszenia tak barbarzyńskiego systemu i było mu bodźcem do wynalazku, który imie jego unieśmiertelnił. Nie będziemy tutaj przypominać ciekawych i rozrzewniających przejść, jakich w życiu swojem doświadczył ten gienialny rzemieślnik, mnogich walk które staczać musiał, pełnej prostoty a podziwienia godnej jego bezinteresowności, której dał dowody i niesprawiedliwości jakiej nieraz doznał ze strony niewdzięcznych współobywateli. Powiedzmy tylko, że imie Jacquard'a pozostało w pamięci ludu jako pierwowzór gieniuszu przemysłowego, i że hołd ten jest zupełnie zasłużony, gdyż wielki ten wynalazca zasadę swego wynalazku zaczerpnął w uczuciu litości nad dziećmi ludu.

Sprobujmy wyłożyć zasadę warsztatu tkackiego Jacquard'a i pomysł, zapomocą którego wynalazca ten, znosząc skomplikowany i barbarzyński system używany przed nim do tkania materyj w desenie, zdołał wyrugować zupełnie, jako niepotrzebny, smutny i niebezpieczny zawód przekładacza.

Sławny Vaucanson wynalazł był maszynę upraszczającą znacznie tkacką robotę. Ale korporacye rękodzielnicze lyońskie, w skutek przesądów i trwogi, jakie ciemny lud żywił wówczas przeciw użyciu maszyn, oparły się silnie jej przyjęciu, tak, iż użycie jej bardzo mało się upowszechniło. Zresztą miała ona tę niedogodność, że mogła tylko bardzo drobne wyrabiać desenie, a mianowicie kwiaty i figurki jednobarwne i niewielkich rozmiarów.

Skład maszyny Vaucanson'a, której egzemplarz dotąd widzieć można w sali Konserwatoryum sztuk i rzemiosł w Paryżu, był następujący:

Vaucanson przyczepiał wszystkie nici osnowy, zapomocą małego kółeczka szklannego, do cienkiego sznurka, a każdy z tych sznurków przytwierdzony był do lekkiej igły żelaznej. Wszystkie te igły połączył górą, tak iż utworzyły pewien rodzaj równoległoboku, nad którym umieścił cylinder tychże samych rozmiarów, poprzebijany regularnie rozłożonemi dziurkami. Cylinder ten był ruchomy i obracał się za każdem przerzuceniem czółenka. Dziurki porobione w cylindrze, odpowiadały niciom

osnowy, które powinny były być podniesione, dla utworzenia deseniu. W chwili wykonywania deseniu, cylinder się obracał, a jednocześnie wszystkie igły żelazne odpowiadające niciom osnowy popchnięte zostawały, każda osobną sprężynką, i napotykały na ścianę albo na dziurkę cylindra. Igły napotykające ścianę cylindra, zatrzymywały się i pozostawiały nici, które podtrzymywały, w położeniu poziomem. Igły które napotykały na dziurki, wchodziły wewnątrz cylindra i zmuszały główki haczyków podtrzymujących nici osnowy, do układania się wzdłuż sztab żelaznych, umieszczonych wewnątrz cylindra, które je podnosiły do góry, w skutek ruchu nadanego im przez tkacza. W ten sposób nici zostawały podniesione według dziurek w tekturach tworzących deseń. Wtedy to czółenko przerzucało wątek w poprzek nici, jednych podniesionych, drugich pozostałych w położeniu poziomem, przesuwało się pomiędzy niemi i zaznaczało na materyi desenie, któremi ją chciano ozdobić.

Cylinder podziurawiony, wymyślony przez Vaucanson'a w celu ułatwienia tkania materyj w deseń, był sam w sobie wynalazkiem znakomitym, w którym zresztą widać całą prostotę, jaką odznaczał się gieniusz tego wielkiego mechanika. Przyrząd ten miał jednak jedną wielką niedogodność. Cylinder, mający obejmować na sobie cały deseń, jaki mia wyjść na materyi, nie mógł naturalnie przekraczać pewnych rozmiarów. Pozwalał zatem na pewną tylko liczbę przerzuceń czółenka, tak iż można było wyrabiać tylko drobne desenie, naprzykład kwiaty. Chcąc uzyskać desenie większe, trzebaby było użyć walca nadzwyczajnych rozmiarów, nieodpowiadającego warunkom praktyczności i oszczędności.

Udoskonalając maszynę Vaucanson'a, Jacquard powziął gienialną myśl zastąpienia cylindra, którego rozmiary musiały być koniecznie ograniczone, całym szeregiem wstęg papierowych lub tekturowych, na którychby naznaczonym był deseń mający się wykonać, a które przedstawiając wielką powierzchnię, pozwalałyby na układanie deseni wszelkich rozmiarów. Jacquard zastąpił zatem szeregiem tektur o powierzchni prawie bez granic, cylinder z powierzchnią ograniczoną, którego używał Vaucanson.

Na cylinder Vaucanson'a, Jacquard zarzucił wstęgi tektury, poprzyczepiane jedna do drugiej, i przesuwające się między cylindrem a wyższą częścią igieł, które zapomocą haczyków podtrzymywały nici osnowy.

Wstęgi tektury poprzebijane dziurami, stanowiące główną część wynalazku Jacquard'a, są zatem rodzajem patronów, wytwarzających deseń na materyi. Poprzebijane dziurkami robionemi zapomocą stempla, liczbą swoją odpowiadają one liczbie przerzuceń czółenka, jakiej wymaga wykonanie deseniu. Wszystkie te wstęgi tekturowe pozszywane są

z sobą, w pewnym stałym, niezmiennym, z góry oznaczonym porządku, który zachować należy, w przeciwnym bowiem razie pogmatwałoby się wszystko. Poskładane jedna na drugiej, tektury te leżą w skrzyni stojącej przy warsztacie, a następnie przeciągnięte są ponad cylindrem. Reszta roboty wykonywa się tak, jak to wskazaliśmy wyżej, mówiąc o przyrządzie Vaucanson'a, który w tej części mechanizmu Jacquard zatrzymał w całości.

Dzięki gienialnemu wynalazkowi Vaucanson'a i Jacquard'a, fabrykant tkanin jedwabnych zdołał opanować maszynę swoją, której przedtem był niewolnikiem, a dzieci pełniące dawniej obowiązki przetykaczy zostały uwolnione od tego zabójczego zajęcia.

Wynalazek nieśmiertelnego tkacza lyońskiego cudów dokonał; trudno sobie wyobrazić nawet wpływ, jaki wywarł na przemysł tkacki we wszystkich jego gałęziach.

XXVII.

Fotografia.

Józef Nicefor Niepce twórca fotografii.—Daguerre.—Opis fotograficznego postępowania Daguerre'a. — Udoskonalenie wynalazku Niepce'a i Daguerre'a. — Dzisiejszy sposób postępowania w celu otrzymania odbitki fotograficznej na metalu.—Fotografia na papierze.—Fotografia na szkle.—Użycie kollodium.

Zaszczyt wynalazku fotografii należy się Józefowi Niceforowi Niepce'owi, ur. 1765 r. w Châlon sur Saône. Mając lat 20, Niepce odbył w randze porucznika kampanią włoską, a w r. 1794 mianowany został *administratorem*, to jest prefektem okręgu nicejskiego. W r. 1802 wrócił do rodzinnego miasta, gdzie niebawem połączył się z nim brat jego, Klaudyusz Niepce. Zamieszkawszy w małym domku wiejskim nad brzegiem Saony, w okolicach Châlon, dwaj bracia zajmowali się przemysłem i naukami stosowanemi. Początek doświadczeń fotograficznych Niepce'a sięga r. 1813.

Zadanie, które sobie Niepce założył, polegało na utrwaleniu obrazów rzucanych przez kamerę obskurę.

Kamera obskura składa się ze skrzyneczki zamkniętej ze wszech stron, z wyjątkiem małego otworu, przez który wchodzą promienie światła. Promienie te, krzyżując się, tworzą przewrócony i zmniejszony obraz przedmiotów, na płaszczyznie umieszczonej w głębi skrzyneczki.

Figura 186 przedstawia zjawisko optyczne tworzące się w kamerze obskurze, którego rezultatem jest utworzenie wewnątrz przyrządu przewróconego obrazu przedmiotów zewnętrznych.

Porta, fizyk neapolitański, który pierwszy podał wiadomość o zjawi-

sku tworzącem się w kamerze obskurze, wpadł na myśl umieszczenia soczewki wypukłej przed otworem tego przyrządu. Obraz zyskał przez to na świetności, czystości i kolorycie.

Józef Nicefor Niepce w r. 1824 rozwiązał zadanie nad którem pracował, polegające na utrwaleniu obrazu wytworzonego w kamerze obskurze. Czynnikiem chemicznym, wrażliwym na światło, którego użył, był *bitum judejski*, materya czarna, która wystawiona na światło przeobraża się chemicznie i w płynach wyskokowych traci rozpuszczalność.

Niepce pociągał warstwą bitumu płytę miedzianą posrebrzaną i umieszczał tę płytę w ognisku kamery obskury. Po dość długiem działaniu światła, wyjmował płytę i zanurzał ją w mięszaninie oleju skalnego i olejku lawendowego. Części które były wystawione na działanie światła, pozostały nietknięte, inne zostały rozpuszczone. W ten sposób przeobrażona, po-

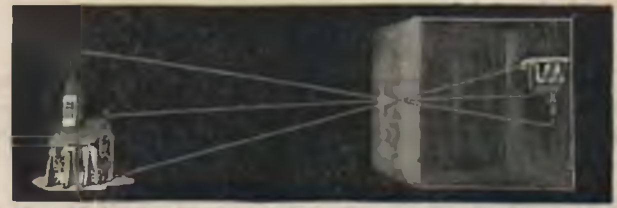


Fig. 186.

włoka bitumiczna przedstawiała światła, a obnażona płyta miedziana przedstawiała cienie; miejsca powłoki częściowo tylko rozpuszczone, odpowiadały półcieniom.

Na nieszczęście, otrzymanie w ten sposób rysunku, wymagało najmniej dziesięć godzin czasu, dla tego, że bitum nadzwyczaj powoli przeobraża się pod działaniem światła. Przez ten czas słońce posuwając się coraz dalej, przesuwało również światło i cienie.

Tą metodą, jakkolwiek bardzo jeszcze niedokładną, Niepce doszedł do tego, że mógł dostarczać tablic rytownikom, gdyż taki był cel jego. Polewając te płyty słabym kwasem, wyżłabiał je w miejscach których nie chroniła powłoka żywiczna, tak, że można było potem użyć tej płyty do odbijania rycin na papierze. Niepce nowy ten wynalazek nazwał *heliografią*.

Jednocześnie drugi jeszcze badacz zajmował się w Paryżu tym samym przedmiotem; był to malarz Daguerre, który zrobił sobie już był poprzednio pewne imie, wynalazkiem dyoramy. Ale Daguerre nie osiągnął

był jeszcze wcale pomyślnego rezultatu długich swoich usiłowań, gdy się dowiedział, że jakiś mieszkaniec zapadłej prowincyi zdołał rozwiązać zadanie, którem on się także zajmował, to jest zdołał utrwalić obrazy kamery obskury.

Malarz paryzki, znalazłszy sposób skomunikowania się z wynalazcą chalońskim, zaproponował mu spółkę ze sobą, w celu wspólnej pracy nad rozwiązaniem zadania, którem zajmowali się dotąd obaj, każdy z osobna. Dnia 14 grnduia 1829 r. podpisano w Châlon odpowiednią umowę.

Daguerre poznawszy tajemnicę sposobów używanych przez Niepce'a wziął się zaraz do ich udoskonalenia. Bitum zastąpił żywicą uzyskaną z dystyllacyi olejku lawendowego; nie zmywał płyt olejem lotnym, ale wystawiał je na działanie pary, uzyskanej z tego olejku przy temperaturze zwykłej. Para ta skraplała się jedynie na częściach które pozostały w cieniu, a szanowała światła przedstawione przez żywicę białą. Cienie przedstawiał rodzaj werniksu przezroczystego, utworzonego z żywicy rozpuszczonej w oleju lotnym. Jednocześnie Daguerre zmienił zupełnie podstawę, którą dla usiłowań swoich przyjął był Niepce. Podczas gdy Niepce uważał płytę jedynie za środek do otrzymania ryciny, Daguerre przeciwnie chciał, aby rysunek pozostawał ostatecznie na płycie, czyli żeby obraz wytwarzał się na kruszcu, nie na papierze, jak chciał pierwszy wynalazca, Niepce. System Daguerra zyskał przewagę.

Dwaj spólnicy przyszli byli właśnie na myśl zastąpienia materyj żywicznych jodem, który nadaje wielką czułość płytom srebrnym, kiedy Niepce umarł, mając lat sześćdziesiąt trzy. Po dwudziestu latach pracy, umarł ubogim i nieznanym; później dopiero miała sława opromienić imie człowieka, który dokonał jednego z najciekawszych wynalazków w swoim wieku.

Niebawem udało się Daguerrowi odkryć cudowny wpływ wyziewów rtęciowych na ukazanie się obrazu fotograficznego. Przekonał on się, że obraz utworzony przez działanie światła na płytę powleczoną jodkiem srebra, jest zrazu niewidzialnym, ale ukazuje się natychmiast, gdy się płytę wystawi na działanie wyziewów rtęciowych.

Nareszcie, 7 stycznia 1839 r. Arago oznajmił publicznie w Akademii umiejętności w Paryżu, o odkryciu Niepce'a i Daguerre'a. Dnia 19 sierpnia 1839 r. sposoby używane przez wynalazców, które dotąd były tajemnicą, stały się publicznie wiadomemi. Rząd udzielił nagrodę narodową Daguerre'owi, oraz synowi Nicefora Niepce'a.

*
* *

Daguerrotypia czyli *fotografia na kruszcu*. W metodzie Daguerra, czyli w tak zwanej *daguerrotypii*, obrazy tworzą się na powierzchni płyty miedzianej, posrebrzonej. Wystawia się tę płytę na parę jodu, która sama z niego się wywiązuje; ten jod łączy się ze srebrem i tworzy cienką warstewkę jodku srebra, nadzwyczaj czułą na działanie promieni słonecznych. Płytę najodowaną umieszcza się w ognisku kamery obskury i naprowadza się na nią obraz utworzony przez soczewkę przedmiotową tego przyrządu. Światło, jak to powiedzieliśmy, ma własność rozkładania jodku srebra; części zatem płyty wystawione na mocne światło, ulegają temu rozkładowi, podczas gdy te, które są w cieniu, pozostają nietknięte.

Wyjęta z kamery obskury płyta, powleczona jodkiem srebra rozłożonym przez działanie światła, nie przedstawia jeszcze ani śladu obrazu. Wtedy wystawia się ją, w pudełku zamkniętem, na działanie pary rtęci, rozgrzewając z lekka trochę rtęci zawartej w pudełku żelaznem. Dopiero w skutek tej operacyi obraz staje się widzialnym. Jakoż wyziewy te skraplają się jedynie na częściach które uległy działaniu światła, to jest na rozłożonych częściach jodku srebra. Lśniący zatem połysk rtęci oznacza części oświecone, a cienie przedstawia matowa powierzchnia płyty, w miejscach niepokrytych rtęcią. Pozostaje więc już tylko oczyścić płytę z jodku srebra, który na niej tkwi jeszcze; gdyby się jej bowiem nie oczyściło, jodek ten srebra zczerniałby pod wpływem światła a przez to cały obraz by zniknął. W tym celu zanurza się płytę w roztworze podsiarkanu sody, t. j. soli, która posiada własność rozkładania jodku srebra, który nie był wystawiony na działanie światła.

Przy tym sposobie postępowania, któryśmy opisali powyżej, ażeby otrzymać obraz, trzeba było płytę przez kwadrans trzymać wystawioną na bardzo silne światło. Obrazy takie migotały się niemile w skutek kruszcu; nie można było zdejmować obrazów z istot żyjących; w tonach rysunku nie było harmonii; zielone massy drzew odbijały się tylko w kształcie sylwetek; wreszcie obraz z czasem znikał, w skutek powolnego ulatniania się rtęci. Większa część tych wad wypływała z potrzeby zbyt długiego wystawiania płyt na światło.

W r. 1841, Claudet, artysta francuzki, który w Londynie trudnił się daguerotypowaniem, odkrył, że pociągnięcie chlorkiem jodu płyty poprzednio już najodowanej, nadzwyczajnie wzmaga czułość płyty na światło. Brom, bromek jodu, kwas podchlorowy, są to wszystko ciała przyspie-

szające działanie jeszcze bardziej, a odkryte później dopiero. Przy pomocy kwasu podchlorowego otrzymywano wyborne obrazy w przeciągu pół sekundy.

Odkrycie ciał przyspieszających pozwoliło dopiero na daguerotypowanie portretów. Wprzód bowiem, kiedy model zmuszony był siedzieć przez dość długi czas nieruchomie, każdy portret przedstawiał fizyognomią nienaturalną, powykrzywianą.

Pozostawało jeszcze jedno ulepszenie do zrobienia w metodzie Daguerre'a. Obrazy migotały się, jak powiedzieliśmy; oprócz tego rysunkowi zbywało na pewności, gdyż wynikał on tylko z przeciwstawienia odcieni rtęci i srebra; najlżejsze dotknięcie wystarczało do zmazania obrazu. Wszystkie te niedogodności i braki zniknęły, dzięki wynalezionemu przez p. Fizeau sposobowi *utrwalania* obrazów. Nalawszy na obraz rozczynu chlorku złota w podsiarkanie sody i rozgrzawszy nieco płytę, takowa pokryje się cieniuchną warstewką złota metalicznego. Wtedy srebro przestaje się już tak bardzo migotać, gdyż zostaje przyćmione cienką warstewką złota, która na niem osiada; cienie stają się także silniejszemi, a rtęć, stanowiąca miejsca białe, amalgamując się ze złotem, nabiera większego blasku i cały rysunek nabiera czystości i pewności. Nareszcie obraz nie ściera się teraz, gdyż rtęć, która tworzyła rysunek, w stanie kuleczek drobniuchnych i słabo przylegających, zostaje również pokrytą blaszką złota, która mocno przylega do płyty.

Fotografia na papierze. Fotografia na kruszcu ma tę wielką niedogodność, że za każdą operacyą daje tylko jeden egzemplarz obrazu. Jako wady drugorzędne zarzucają jej słusznie migotanie się kruszcu, które jest zwykle tak rażącem, a którego całkowicie usunąć nie można. Wreszcie rysunek spoczywający jedynie na samej powierzchni, jest cienką tylko powłoką, nie przedstawiającą warunków dłuższej trwałości.

Fotografia na papierze jest najświetniejszem uzupełnieniem wynalazku, który nas zajmuje, gdyż wolną jest od wszelkich niedokładności nieodłącznych od daguerotypii. Przedstawia ona tę ogromną korzyść, że pierwszy rysunek jaki się otrzymuje, może dostarczyć niezliczonej ilości odbitek. Następnie, obraz nie tworzy się jedynie na powierzchni papieru, ale wnika dosyć głęboko w jego substancyą, co mu nadaje warunki trwałości.

Fotografia na papierze, ta tak pożądana odmiana metody Niepce'a i Daguerre'a, wynalezioną została w r. 1839, przez p. Fox Talbot'a, amatora angielskiego. Nowa ta atoli metoda, dopiero w r. 1845 została ogólnie poznaną i upowszechnioną.

Zanim objaśnimy praktyczną stronę otrzymywania fotografii na papierze, przedstawimy wprzód ogólną zasadę tego wynalazku.

Gdy wystawimy na działanie światła słonecznego sole srebrne, które z natury są bezbarwnemi, takowe czernieją, rozkładając się pod promieniami słonecznemi. Gdy się więc w ognisku kamery obskury umieści kawałek papieru napuszczony chlorkiem albo jodkiem srebra, w miejscach, w których obraz silnie jest oświecony, czernieje powłoka z chlorku srebra znajdująca się na papierze, podczas gdy w miejscach które są w cieniu, pozostaje niezmienną. Tym sposobem otrzymuje się obraz, na którym światła przedstawiają się czarno, a cienie biało, jest to tak zwany obraz ujemny. Położywszy następnie ten obraz ujemny na papierze napuszczonym solą srebrną i wystawiwszy wszystko to razem na słońce, miejsca białe na rysunku przepuszczą promienie światła, miejsca czarne je zatrzymają. Powstanie na papierze w ten sposób przykrytym obrazem ujemnym i napuszczonym solą srebrną, obraz rzeczywisty, dodatni, na którym światła i cienie przedstawią się w położeniu normalnem.

Przejdźmy teraz do sposobu postępowania praktycznego.

Żeby otrzymać obraz ujemny w kamerze obskurze, chwyta się obraz na papier pociągnięty jodkiem srebra, zmięszanym z trochą kwasu octowego; następnie wstawia się ten papier w ognisko kamery obskury W pół minuty, działanie chemiczne jest skończone.

Jednak gdy się wyjmie papier z kamery obskury, obrazu na nim nie znać zupełnie. Żeby go uwidocznić, zanurza się papier w rozczynie kwasu garbnikowego, który tworzy sól czarną, *garbniczan srebra*, we wszystkich punktach, gdzie się utworzył tlenek srebra swobodny, to jest we wszystkich miejscach, na które światło wpływ swój wywarło. Zmywa się nadmiar soli srebrnej, który nie uległ przeobrażeniu chemicznemu, obmywa się rysunek w rozczynie podsiarkanu sody, i otrzymuje się obraz ujemny.

Przyłożywszy nareszcie ten obraz do papieru napojonego chlorkiem srebra, i wystawiwszy to wszystko na słońce przez piętnaście do dwudziestu minut, a na światło mniej silne przez przeciąg czasu wynoszący pół godziny do czterech godzin, otrzymuje się obraz dodatni, który trzeba obmyć podobnie jak poprzedni, i dla tych samych przyczyn, w podsiarkanie sody.

Dodajmy, że można zdjąć znaczną liczbę odbitek takich z obrazu. ujemnego, który też dla tego zowie się *kliszą.*

Fotografia na szkle. Nierówność massy papierowej nie pozwala na tym materyale uzyskać obrazu z konturami czystemi i pewnemi. Wynalazek *fotografii na szkle*, zaradził tej niedokładności, dozwalając uzyskać rysunki, w ktorych każda kreska odznacza się się najścislejszą dokładno-

ścią. Wynalazek ten zasadza się na utworzeniu obrazu ujemnego na zupełnie gładkiej i wypolerowanej powierzchni szyby szklannej, pokrytej materyą przezroczystą, np. albuminem. W ten sposób otrzymuje się powierzchnię gładką, równającą się prawie zupełnie pod tym względem płycie daguerotypu, na której rysunek fotograficzny odbija się jako obraz ujemny, z konturami jak najdokładniejszemi i jak najpewniejszemi.

Z tej *kliszy ujemnej na szkle*, zdejmuje się następnie odbitki rzeczywistych obrazów na papierze.

Oto szereg czynności służących do otrzymania odbitki zapomocą fotografii na szkle.

Płytę szklanną pociąga się cienką warstewką albuminu płynnego, to jest białka z jaja, rozpuszczonego wodą. Pozwala się następnie wyschnąć tej warstewce, która tworzy na płycie szklannej powłokę przezroczystą i gładką. Do tego albuminu dodaje się poprzednio małą ilość jodku potassu. Przed rozpoczęciem czynności uczula się albumin, zanurzając płytę szklanną, pokrytą powłoką albuminową, w rozczynie azotanu srebra, przyprawnego trochą kwasu octowego. Przez działanie jodku potasu na azotan srebra, tworzy się pewna ilość jodku srebra. I to jest właśnie ów czynnik fotograficzny, to jest materya, na którą winny działać promienie światła.

Tak napojona jodkiem srebra płyta szklanna wkłada się do kamery obskury, gdzie poddaną zostaje działaniu światła, mającego utworzyć obraz ujemny. Po wydobyciu jej z kamery obskury, obraz ten poddaje się zwykłym manipulacyom, służącym do wydobycia na jaw i utrwalenia obrazów ujemnych na papierze, to jest traktuje się najprzód kwasem garbnikowym dla wydobycia na jaw rysunku, a podsiarkanem sody dla jego utrwalenia.

Ta klisza ujemna na szkle, służy następnie do uzyskiwania odbitek na papierze.

Widzimy więc, że szkło używane jest tylko do otrzymania obrazu ujemnego, który ma służyć za kliszę; obrazy dodatnie zdejmują się zawsze na papier. Trzeba znać tę okoliczność, gdyż nazwa *fotografii na szkle* mogłaby naprowadzić na błędne mniemanie, iż rzeczywiste obrazy otrzymują się na szkle.

Od r. 1851 do utworzenia powłoki organicznej pokrywjącej płytę szklanną, zamiast albuminu poczęto używać nowej materyi, zwanej *kollodium*, która jest rozczynem bawełny strzelniczej w alkoholu z przymieszką eteru. Kollodium podnosi do wysokiego stopnia czułość jodku srebra na działanie światła. Dzięki temu kollodium, można otrzymywać obrazy odwrotne w przeciągu ośmiu do dziesięciu sekund. Można nawet

otrzymywać w ten sposób obrazy w jednej chwili, to jest przenosić na płytę fotograficzną przedmioty ożywione ruchem szybkim, jak np. obłoki pędzące po niebie, powóz unoszony przez konie, okręt prujący fale, albo bałwany morskie.

Fotografia na szkle pociągniętem kollodium jest dziś powszechnie prawie używanym sposobem otrzymywania obrazów fotograficznych na papierze. Tego sposobu używają wszyscy fotografowie do zdejmowania portretów. Kollodium bowiem dozwala wykonywać fotografie z nadzwyczajną szybkością.

Pomysł fotografii na szkle podał w r. 1847 Niepce de Saint Victor, synowiec Nicefora Niepce'a, twórcy fotografii. Użycie kollodium do robót fotograficznych zawdzięczamy panu Archer, z Londynu, i panu Gray, z Paryża.

XXIV.

Stereoskop.

Uwagi wstępne. — Część historyczna. — Stereoskop z zwierciadłem. — Stereoskop załamujący promienie światła, czyli stereoskop Brewster'a. — Teorya i opis tego przyrządu. — Obrazy stereoskopijne.

Przedmioty zewnętrzne tworzą w głębi naszego oka obraz podobny do tego, jaki się tworzy wewnątrz kamery obskury. Ale oczy nasze nie są oba umieszczone zupełnie jednako, odnośnie do przedmiotu na który patrzymy; dla tego też obrazy utworzone wewnątrz każdego z tych organów, nie są zupełnie jednakowe: jeden z nich może być większy lub silniej zabarwiony od drugiego. Odbieramy więc dwa oddzielne wrażenia, dwa obrazy tego samego przedmiotu; a jednak wszyscy wiemy, że te dwa wrażenia różne, zlewają się z sobą, łączą się w jeden sąd, to jest, że widzimy jeden tylko przedmiot. Jest to zjawisko bardzo ciekawe i od rozmaitych przyczyn zależne: od wykształcenia oczu, od przyzwyczajenia nabytego w dzieciństwie, od działania umysłu, rzeczywistego, choć o niem nie mamy świadomości, które kombinując między sobą dwa obrazy różne, widziane każdy przez jedno z oczu naszych, uzupełnia jeden drugim i tworzy z nich jeden, odpowiedni przedmiotowi widzianemu, to jest przedstawiający wypukłość istniejącą w naturze.

To tajemne działanie naszego umysłu daje nam tedy poczucie wypukłości.

To poczucie wypukłości niknie, gdy patrzymy obojgiem oczu na przedmioty bardzo odległe. Sąd nasz staje się wtedy niepewnym a nawet omylnym. Dla czego? Dla tego, że odstęp rozdzielający nasze oczy jest

tak mały, iż dwa obrazy przedmiotu leżącego w wielkiej odległości nie przedstawiają już prawie żadnej różnicy, odbijają się zgodnie na siatkach obu naszych oczu i nie wywołują już poczucia wypukłości.

Tak więc poczucie wypukłości pewnego ciała widzianego obudwoma oczami, jest wynikiem kombinacyi, jakiej umysł nasz dokonywa między dwoma odmiennemi obrazami tegoż ciała, z których jeden tworzy się na siatce oka prawego, drugi na siatce oka lewego.

Teoryi tej czynią jeden zarzut, ciężki napozór, a mianowicie, że ludzie jednoocy z urodzenia lub w skutek przypadku, widzą wypukłości, oceniają odległość i efekta perspektywiczne, prawie tak samo jak ci, co mają dwa oczy. Ale w takim razie trzeba coś liczyć na wprawę innych zmysłów i na długie przyzwyczajenie. Zachodzi zresztą jeden fakt bardzo ważny, o którym zapominać nie można, a mianowicie, że kiedy człowiek jednooki patrzy na przedmiot oddalony, kierunek jego wzroku, położenie jego głowy, zmieniają się nieustannie, tak, że on sam o tem nie wie; usiłuje on instynktownie uzyskać na jedynej siatce swojej dwa obrazy odmienne, któreby mu zastąpiły dwa obrazy naturalne na dwóch siatkach oczných. «Ruch ten—mówi ksiądz Moigno—jest zresztą do tyla szybki, że drugi obraz tworzy się już zanim pierwszy zniknie, i że z ich współczesnego istnienia powstaje możność ocenienia odległości oraz poczucie wypukłości.

* * *

Euklides u Greków, Galien u Rzymian, wiedzieli już o tem, że połączenie dwóch niejednakich obrazów, odbitych w dwóch oczach, daje poczucie wypukłości.

Porta, fizyk włoski, Gassendi a później Harris i doktór Smith, posiadali dość dokładne wyobrażenie o przedmiocie który nas zajmuje.

De Haldat, uczony fizyk z Nancy, który się wiele zajmował zjawiskami widzenia, pierwszy badał na drodze doświadczeń skutki jednoczesnego widzenia dwóch przedmiotów, kształtem i barwą różnych. De Haldat był już zaledwie o krok jeden od zbudowania stereoskopu, ale dał się uprzedzić znakomitemu fizykowi angielskiemu, Wheatstone'owi.

Dnia 25 czerwca 1838 r., stereoskop zwierciadłowy Wheatstone'a ukazał się po raz pierwszy na posiedzeniu towarzystwa królewskiego w Londynie. W narządzie tym wywoływano wrażenie wypukłości, jednocząc dwa obrazy prawie jednakie, zapomocą wzajemnego ich odbijania się w zwierciadłach pochylonych, umieszczonych stosososwnie.

Stereoskop Wheatstone'a poszedł już był prawie zupełnie w zapomnienie, gdy sir Dawid Brewster zbudował swój. Pierwszy egzemplarz tego

przyrządu zbudowany był pod okiem samego Brewster'a, w Dundee, w Szkocyi. Ale optycy londyńscy i birminghamscy nie kwapili się wcale z jego rozpowszechnieniem. Mały ten przyrząd byłby także może w zupełne popadł zapomnienie, gdyby fizyk szkocki nie był w r. 1850 pojechał do Paryża. Ksiądz Moigno, uderzony pięknemi efektami stereoskopu Brewster'a, prosił go, aby wyrób jego powierzył dobremu optykowi paryzkiemu, Juliuszowi Duboscq. Chwila pomyślna nadeszła. Stereoskop stał się popularnym we Francyi rokiem wprzód, nim zwrócił na siebie uwagę w Anglii. Od czasu wystawy powszechnej w r. 1851, sprzedano z górą półmiliona stereoskopów Brewster'a.

Stereoskop przez załamanie promieni, czyli stereoskop Brewste'ra. Teorya i opis tego przyrządu. Niech będą D i C (fig. 187) dwoma prawie jednakowemi obrazami tego samego przedmiotu, takiemi, jak je widzi oko prawe jeden a oko lewe drugi. Patrzmy w dwa punkta D i C na

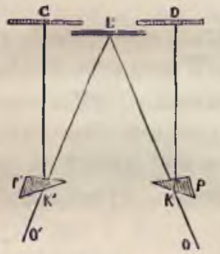


Fig. 187.

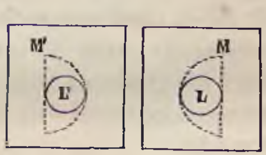


Fig. 188.



Fig. 189.

tych obrazach i umieśćmy dwa pryzmaty przezroczyste, szklanne, na drodze którą przechodzą promienie światła wychodzące z tych punktów. Promienie te, przechodząc przez dwa pryzmaty, załamią się i dojdą do oczu patrzącego w kierunkach KO i K'O'. Ale wtedy oku zdawać się będzie, że one wychodzą z jednego punktu E, jako z punktu przecięcia się dwóch linij OK i O'K'. Jeżeli więc kąt dwóch pryzmatów i odległość ich od obrazów C i D są dobrze obliczone, oba te obrazy połączą się w E i dadzą nam poczucie wypukłości.

Aby mogły odpowiedzieć temu warunkowi, dwa te pryzmaty powinny być najzupełniej równe i zupełnie jednako załamywać promienie światła. Sir Dawid Brewster rozwiązał to zadanie, i to właściwie jest może największą jego zasługą i właściwym jego wynalazkiem w budowie stereoskopu. W miejsce dwóch pryzmatów, wstawił on dwie połówki MM', jednej i tej samej soczewki (fig. 188) wypukłej, które działają, jak całe soczewki LL', symetryczne, i te połówki, stosownie przykrojone, wprawia się w otwory dwóch rurek.

Stereoskop Brewster'a (fig. 189) składa się ze skrzyneczki, w której, w jednej ze ścian znajduje się otwór, zamykany drzwiczkami ruchomemi F. Wnętrze drzwiczek powleczone jest papierem cynowym i tworzy rodzaj reflektora. Rysunki wsuwa się szparą AB. Dwie rurki LL' zamykają soczewki, które można wsunąć głębiej lub wysunąć, stosownie do wzroku. Te pryzmatyczne soczewki, oprócz tego że zesuwają obrazy jeden na drugi, posiadają jeszcze własność powiększania ich. Jest to, jak widzimy, jedna jeszcze wyższość stereoskopu Brewster'a nad stereoskopem Wheatstone'a.

Obrazy stereoskopowe są to dwa wizerunki jednego i tego samego przedmiotu, które bardzo mało różnią się od siebie. Przedstawiają one ten przedmiot tak, jakby go widział patrzący z kolei to prawem, to lewem okiem. Umieszczone w stereoskopie, łączą się one na siatce ocznej w jeden obraz, w skutek działania dwóch soczewek, i tworzą w ten sposób wrażenie wypukłości.

Daguerotypia dozwala z łatwością zdjąć dwa obrazy płaskorzeźb, posągów, portretów, czyniące zadość temu warunkowi. W tym celu zdejmuje się z kolei, z tej samej odległości i pod kątami równemi, o kilka stopni na prawo i o kilka stopni na lewo, tą samą kamerą obskurą dwa obrazy obranego przedmiotu. Obrazy fotograficzne zdjęte w ten sposób na metal lub na papier, robią w stereoskopie cudowne wrażenie, które otwarło nową erę zastosowań dla fotografii.

XXIX.

Drenowanie.

Dobre skutki drenowania. — Pogląd historyczny. — Jakie grunta należy drenować. — Zewnętrzne oznaki wskazujące potrzebę drenowania. — Metody drenowania. — Sondowanie. — Nakreślenie planu. — Kopanie i głębokość drenów. — Rurki drenowe. — Maszyny do wyrabiania drenów.

Dać wodom stojącym, któremi grunt jest nasiąknięty, odpływ regularny, nie doprowadzając do zupełnego jego wysuszenia, oto jest cel czynności, którą nazywamy *drenowaniem.*

Wyraz *drenowanie* pochodzi od słowa angielskiego *to drain*, który znaczy: osuszyć zapomocą przewodów podziemnych.

Woda stojąca bądź to na powierzchni ziemi, bądź pod nią, szkodzi wielce rozwojowi roślin. Jest to rzecz stwierdzona doświadczeniem. Drenowanie zatem, nadając tej wodzie odpływ, musi dzielnie wpływać na ulepszenie gruntu.

P. Martinelli, adwokat z Bordeaux, w kilku wierszach które tu przytoczymy, określił zarówno poprostu jak szczęśliwie, cel i pożytek drenowania.

«Weźcie tę doniczkę z kwiatami, — mówi p. Martinelli; — na co ta dziurka w dnie? Pytam się was o to, gdyż w dziurce tej mieści się cała rewolucya rolnicza. Pozwala ona na odnawianie się wody, ułatwiając jej odpływ stopniowy. A na co odnawiać wodę? Bo ona daje życie albo śmierć: życie, gdy przechodzi tylko przez warstwę ziemi, gdyż najprzód pozostawia w niej cząstki użyzniające które przynosi z sobą, a powtóre czyni rozpuszczalnemi pierwiastki przeznaczone na pożywienie roślin;

śmierć zaś, gdy stoi w doniczce, wtedy bowiem zaczyna niebawem niszczyć i gnoić korzenie, a przytem nie pozwala świeżej wodzie dostać się do nich.»

Drenowanie jest tem dla każdego pola, czem jest owa *dziurka* dla doniczki. Przedstawiają ją rurki z gliny wypalonej, umieszczone w rowach, przekopach czyli drenach, wykopanych w gruncie o którego poprawę chodzi. Rurki połączone są jedne z drugiemi i mają ujście na otwarte powietrze, w najniższym punkcie każdego systemu rowków. Woda, którą grunt jest napojony, przesiąkając, dostaje się do rurek z gliny palonej, przez szpary istniejące w miejscach gdzie końce rurek są ze sobą spojone, i spływając po pochyłości, wypływa końcem najniższej linii drenów.

Rezultatem dobrze założonych drenów jest to, że wody deszczowe spływają szybko a poziom wód stojących się zniża. Ponieważ w skutek tego parowanie na powierzchni ziemi staje się mniej obfitem, więc ciepłota gruntu się wzmaga, gdyż woda, przechodząc ze stanu płynnego w lotny, dużo ciepła zabiera. Oprócz tego grunt zdrenowany mniej ma skłonności do rozpadania się i zachowuje się w stanie świeżości przez czas letni. Wody deszczowe, szybko pochłaniane, nie mogą już wyjaławiać gruntu, i unosić z sobą daleko pożytecznych pierwiastków nawozowych. Grunta wilgotne, po zdrenowaniu można uprawiać niemal w każdej porze. Chwila dojrzewania plonów przyspiesza się w nich znacznie. Dokoła korzeni roślin odnawiają się ciągle woda i powietrze, pierwiastki najpotrzebniejsze do pożywienia roślin. Jakoż, na miejsce wody, którą ziemia jest nasiąknięta i która odpływa zwolna rurkami, wstępuje zaraz powietrze atmosferyczne, następnie w miejsce powietrza znów woda i tak dalej.

Dodajmy i to, że polepszenie sanitarnych warunków klimatu jest jednem z następstw zdrenowania gruntów. W niektórych okolicach, w których dreny zaprowadzono na wielką skalę, ustały panujące przedtem febry epidemiczne. Ztąd widzimy, ile to rozmaitych pożytków zapewnia ta melioracya rolnicza, której wprowadzenie w praktykę, prawdziwem dobrodziejstwem publicznem nazwać się godzi.

* * *

U Rzymian, pierwszym pisarzem, mówiącym o rowkach podziemnych, jest Columella, uczony agronom, który żył na 42 lat przed Nar. Chr., i który napisał traktat w dwunastu księgach, pod tytułem: *De re rustica.*

«Gdy grunt jest wilgotny, — mówi Columella, — trzeba porobić rowy dla osuszenia go i dać odpływ wodom. Na rowy kryte trzeba porobić

przekopy na trzy stopy głębokie, które się napełnia do połowy drobnemi kamieniami albo żwirem czystym, a to wszystko należy przykryć ziemią wybraną z rowów.»

Palladius, agronom, który pisał znacznie później od Columelli, zostawił także opis rowów podziemnych. Drenowanie zatem zapomocą rowów krytych, zawierających w sobie materyał przepuszczalny, nie jest wcale nowym zupełnie wynalazkiem.

Olivier de Serres, ojciec rolnictwa francuzkiego, w dziele swojem: *Théâtre de l'agriculture*, drukowanem w r. 1600, idzie jeszcze dalej niż Columella. Opisuje on sposób drenowania, taki niemal jak za dzisiejszych czasów, i wyraźnie takowe zaleca.

Kapitan Walter Bligh podniósł w Anglii zasady wyłożone przez Oliviera de Serres; ziomkowie jego chcieli mu nawet przyswoić ten zaszczyt, że pierwszy podał myśl głębokich przekopów. Drugi Anglik, Elkington, praktyk wykształcony i wytrwały, używał metody bardzo mało różniącej się od metody Olivier'a. Metoda Elkingtona polegała na jednoczesnem użyciu rowów i studzien.

Ale wielkiej doniosłości wynalazkiem, którego zaszczyt słusznie należy się Anglikom, jest użycie dachówek, a następnie rurek z gliny wypalanych, w miejsce materyałów, których dawniej używano do wypełniania wewnątrz rowów osuszających. Wynalazek i użycie narzędzi odpowiednich do otwierania przekopów, maszyn do wyrabiania rurek, szybkość i stosunkowa taniość roboty wykonywanej temi maszynami, uczyniły drenowanie łatwiejszem do zastosowania, a tem samem przyczyniły się do jego upowszechnienia. Dzisiaj niema prawie takiego miejsca w Anglii, w którem kopiąc, nie napotkałoby się na rurki drenowe.

Belgii należy się znów zaszczyt zaprowadzenia na lądzie stałym drenowania, ulepszonego sposobami wynalezionemi w Anglii.

We Francyi, światli właściciele ziemscy, a między innemi margrabia de Bryas, podejmowali chwalebne usiłowania w celu upowszechnienia drenów, i dzięki ich poświęceniu, pomocy towarzystw naukowych, poparciu i zachęcie ze strony rządu, Francya zdaje się niedługo nie będzie miała nic do pozazdroszczenia Anglii i Belgii pod względem tej melioracyi, której następstwa dla wzrostu wartości gruntów uprawnych są nieobliczone.

*
* *

Gruntami, dla których zastosowanie drenów jest potrzebnem i korzystnem, są *grunta zimne*, to jest spoczywające na podglebie nieprze-

puszczalnej, i *grunta zwięzłe*, to jest te, w których przeważa żywioł gliniasty.

Grunta zimne znajdują się w takiem położeniu, w jakiem znajdowałaby się doniczka kwiatowa, w której dnie nie byłoby dziurki. Stan wilgotny, w jakim ciągle pozostają, jest bardzo szkodliwy dla wegetacyi. Korzenie gniją w takim gruncie; za najmniejszym przymrozkiem skorupa lodowa ściska młode rośliny; ciągłe parowanie oziębia ziemię. Rośliny, których mróz nie zniszczył, wegetują słabo, źle dojrzewają, a w latach dżdżystych plon zupełnie na nich chybić może.

Grunta silne czyli gliniaste, z trudnością dozwalają wsiąkać wodzie deszczowej spadającej na ich powierzchnię, a z drugiej strony za długo ją zatrzymują w sobie, gdy raz namokną. Pod działaniem wiatrów i słońca twardnieją i wstrzymują wegetacyę. Deszcze gwałtowne tworzą wyrwy na ich powierzchni i spłókują nawóz, unosząc go ku miejscom niżej położonym; deszcze długo trwające rozmiękczają je zupełnie; woda pozostaje w nich długo, a szkody zrządzane przez parowanie i mrozy srodze uczuć się dają. Oprócz tego grunta te bardzo są trudne do uprawy. Jednem słowem, każdy grunt, w którym woda stoi bądź to na powierzchni, bądź niebardzo głęboko pod nią, wymaga ulepszenia przez drenowanie.

«Wszędzie,—mówi p. Barrol,—gdzie w kilka godzin po deszczu widzimy wodę stojącą w bruzdach; wszędzie gdzie ziemia jest silną, tłustą, przylegającą do obuwia, gdzie noga bądź to ludzka, bądź końska, pozostawia po sobie zaklęśnięcia, w których woda zbiera się niby w małych cysternach; wszędzie, gdzie bydło nie może przejść po deszczu, nie zapadając się w pewien rodzaj błota; wszędzie gdzie słońce tworzy na powierzchni gruntu skorupę twardą, z lekka popękaną, ściskającą jakby kleszczami korzenie roślin; wszędzie gdzie w trzy albo cztery dni po deszczu dają się widzieć miejsca niżej położone, znacznie mokrzejsze od reszty pola; wszędzie gdzie kij wbity w ziemię na czterdzieści do pięćdziesięciu centymetrów głęboko, tworzy dziurę podobną do studni, w głębi której ukazuje się woda stojąca, można śmiało twierdzić, że drenowanie dobre wyda skutki.»

Wegetacya sama doskonałych dostarcza wskazówek do orzeczenia o potrzebie zaprowadzenia drenów. Dobre rośliny wygnane są z tych ziem niegościnnych, na których rosną jedynie chwasty właściwe bagnom, przeciw którym nie poradzi pielenie, ale które drenowanie wypleni zupełnie. Takiemi są np. skrzyp, mięta dzika, kosaciec żółty, sitowie, jaskier, zimowit jesienny, mający liście podobne do liści porów, a którego kwiaty mają kształt długich lejków koloru lila, które bydło starannie omija, i t. d. i t. d. Zauważano, że na pastwisku wilgotnem, są tylko dwa

rodzaje roślin, które zwierzęta spożywają chętnie, ale które stosunkowo do innych w bardzo małej znajdują się ilości, a mianowicie: tomka wonna i koniczyna pospolita.

* * *

A teraz opiszemy pokrótce szereg robót, których wymaga zdrenowanie pewnego pola.

Zaczyna się od sondowania, w celu poznania natury podgleby, jej spoistości, stopnia jej przemakalności, wreszcie grubości warstw grunt składających, oraz sposobu w jaki są na sobie ułożone.

W tym celu kopie się, łopatą lub motyką, rowy na 1,50 do 1,80 m. głębokie, w rozmaitych punktach pola, które się zdrenować zamierza. Ta wstępna robota pozwala ocenić mniejsze lub większe trudności jakie się nastręczyć mogą przy kopaniu rowów, i obliczyć w przybliżeniu koszta całej roboty.

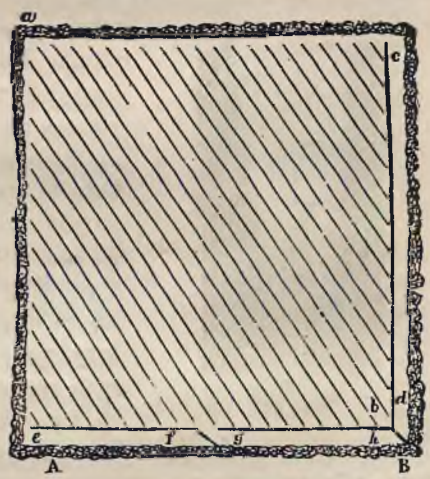


Fig. 190.

Ukończywszy to badanie, robi się plan pola, wynajduje się zapomocą niwelacyi profil jego dokładny, tak, ażeby można było na pewne zakładać dreny w kierunku największych spadków, dla ułatwienia odpływu wodzie.

Siatka drenowa składa się z rowów krytych rozmaitej wielkości. Najmniejsze z tych rowów zowią się małemi drenami; te które przejmują wodę wprost z małych drenów, zowią się drenami odbiorczemi; te zaś które przejmują wodę z drenów odbiorczych, zowią się drenami odbiorczemi drugiego rzędu i t. d.

Małe dreny skierowane być winny wzdłuż linij największej pochyłości gruntu; niwelacya da poznać punkta, do których należy doprowadzić odnogi drenów większych czyli odbiorczych. Te powinny być umieszczone o cztery do pięciu centymetrów niżej, aniżeli dreny z których przejmują wodę i powinny się z niemi łączyć pod kątem ostrym. To połączenie uskutecznia się zapomocą otworu okrągłego zrobionego w rurce większej, w który wpuszczona zostaje rurka mniejsza. Każdy dren two-

rzyć winien linię zupełnie prostą, aby woda nie napotkała na przeszkody w biegu swoim podziemnym. Kończyny drenów głównych w miejscach gdzie takowe uchodzą w kanał lub strumień, zaopatrzone być winny w kratę żelazną, która nie dopuszcza do środka przedmiotów, któreby mogły rurki pozatykać.

Figura 190 przedstawia plan pola zdrenowanego. Małe dreny *a b*, założone w kierunku przekątnej, wpadają do głównych drenów *cd*, *ef*, *gh*, które łączą się z kanałem AB, który ułatwia im ostatecznie odpływ na zewnątrz.

* * *

Do kopania drenów używa się rydla, łopaty, motyki. Rowy powinny być tak głębokie, ażeby odciągając wszelką wodę zbyteczną, zniżały również poziom wody stojącej, tak aby nie mogła dosięgać korzeni roślin; głębokość ta przypada między 90 centym. a 1,60 m. Wpływa ona na szerokość drenów, gdyż im takowe są głębsze, tem więcej miejsca potrzebują robotnicy przy ich kopaniu. Co się tyczy odstępów między drenami, tych wielkość zależy od natury gruntu.



Fig. 191.

W początkach drenowania, ograniczano się na wbijaniu w głębi rowu szeregu kołków krzyżujących się w kształt kozłów, na których umieszczano wiązki faszyny albo tarniny, i przykrywano to wszystko ziemią.

Następnie robiono dreny kamieniste. W tym celu zasypywano wykopane rowy, do wysokości 30 albo 40 centymetrów, drobnemi kamieniami, między któremi tworzyły się odstępy przepuszczające wodę, i to wszystko nakrywano ziemią. To znów posługiwano się kamieniami płaskiemi, które ustawiano na spodzie w sposób jak to przedstawia fig. 191, a na nie dopiero sypano żwir lub drobne kamienie.

Tutaj więc z kamieni płaskich tworzył się kanał przewodni, a drobne kamienie służyły tylko za nakrycie i ochronę tego kanału. Ten ostatni sposób daleko jest lepszy od poprzedniego, ale wymaga rowów szerokich, pochłania dużo czasu i roboty i dla tego jest kosztownym. Tak zbudowane dreny mogą trwać wieki, ale dużo kosztują.

Za naszych czasów, wszystkie te sposoby budowania kanałów podziemnych zastąpiono przez wyrób tanich bardzo rur z gliny wypalonej, które wszystkie poprzednie metody przewyższają, zarówno pod względem trwałości jak i oszczędności.

Rury te mają kształt walców; długość ich wynosi od trzydziestu do czterdziestu centymetrów, średnica dwa do trzech centymetrów. Korzyści kształtu walcowatego w rurach tych są liczne i ważne. Kształt ten pozwala, przy oznaczonej ilości materyału, uzyskać największą powierzchnię dla odpływu; on przedstawia najmniej oporu ruchowi odpływającej wody i dla tego średnica rurek może być do minimum zredukowaną; on wreszcie najlepiej opiera się uderzeniom i ciśnięciu od zewnątrz, tak, iż w najmniejszych rurkach, grubość ścian nie potrzebuje przechodzić jednego centymetra. Rurki zatem walcowate są zarazem lekkie i łatwe do przeniesienia; zajmują mało miejsca w głębi rowów, niełatwo się zatyka-



Fig. 192.

ją i mało kosztują. Nareszcie, jeżeli są z dobrej gliny wyrobione i starannie założone, mogą trwać prawie w nieskończoność.

Kładzione na dnie rowów tak, iż się końcami stykają, rurki te, jak to wskazuje fig. 192, zaopatrzone zostają w punktach zetknięcia się pierścieniem, w który końce obudwu są wpuszczone; średnica takiego pierścienia powinna być taką, aby weń rurka z łatwością wejść mogła. Przez te spojenia A B, dostaje się do rurek woda, którą nasiąknięta jest podgleba.

Rurki te powinien zakładać człowiek baczny i odpowiednią biegłość posiadający, gdyż od tej czynności zależy w znacznej części skuteczność drenów.

K O N I E C.

SPIS RZECZY.